МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

В. Г. БОРИСОВ

БЛОЧНЫЙ ПРИЕМНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 882

В. Г. БОРИСОВ

БЛОЧНЫЙ ПРИЕМНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



«ЭНЕРГИЯ» · МОСКВА · 1975

6Ф2.9
Б 82
УДК 621.396.62

ВИКТОР ГАВРИЛОВИЧ БОРИСОВ

БЛОЧНЫЙ ПРИЕМНИК НАЧИНАЮЩЕГО РАДИОЛЮБИТЕЛЯ

Редактор В. В. Фролов
Редактор издательства Т. В. Жукова
Технический редактор Т. А. Маслова
Корректор М. Г. Гулина

Сдано в набор 4/XI 1974 г. Подписано к печати 19/VI 1975 г. Т-09456
Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 3,36
Уч.-изд. л. 4,18 Тираж 100 000 экз. Зак. 453 Цена 18 коп.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

Борисов В. Г.

Б 82 Блочный приемник начинающего радиолюбителя. М., «Энергия», 1975 г.

64 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 882).

В книге, рассчитанной на начинающих радиолюбителей, описываются восемь функциональных блоков, из которых можно составить разные по сложности транзисторные приемники прямого усиления и супергетеродины с питанием от батарей или от сети переменного тока.

Книга может быть полезным пособием для радиокружков, занимающихся изучением и конструированием любительских радиовещательных приемников.

Б $\frac{30404\text{-}345}{051(01)\text{-}75}$ 339-75 6Ф2.9

С ЧЕГО НАЧАТЬ ?
(вместо предисловия)

В распоряжении начинающего радиолюбителя может быть несколько десятков схем и описаний разных по сложности транзисторных приемников. Они публикуются в журналах, брошюрах, книгах, выпускаемых огромными тиражами. К услугам радиолюбителя — наборы деталей и материалов для самостоятельной сборки малогабаритных радиоприемников. Какому же из всего этого множества приемников следует отдать предпочтение? На каком из них начать практическое ознакомление с радиоприемной аппаратурой? Такие или подобные вопросы возникают у каждого, кто впервые берется за конструирование любительского радиовещательного приемника. Они, видимо, волнуют и вас, взявших в руки эту книжку.

С чего же, действительно, начать?

Некоторые радиолюбители начинают со сборки малогабаритных, так называемых «карманных» приемников. Соблазнительно, конечно, иметь приемник, который можно положить в карман. Но, к сожалению, не все они доводят начатое дело до конца — приемники либо совсем не работают, либо самовозбуждаются. Перепаивают детали по несколько раз, а вместо ожидаемого эффекта — разочарование, утрата веры в свои силы. В чем дело? Конечно же не в деталях, из которых можно смонтировать хорошо работающий приемник. Причина в другом — нет знаний и опыта!

Смонтировать малогабаритный приемник, где все так уплотнено, что одно неловкое движение паяльником может привести к порче сразу нескольких деталей, не так просто, как может показаться поначалу. Еще сложнее наладить его. Объясняется это тем, что из-за тесного монтажа между цепями приемника возникают различные паразитные связи, борьба с которыми может поставить в затруднительное положение подчас даже опытного радиолюбителя.

Опыт — самый ценный багаж радиолюбителя. А накапливать его лучше всего, собирая приемник, в схеме и монтаже которого легко разобраться, в котором проще, чем в малогабарит-

ном, вести борьбу с самовозбуждением, с которым, не рискуя попортить детали, можно экспериментировать. Таким приемником может стать приемник, описываемый в этой книжке. Он настольный, поэтому не сковывает радиолюбителя габаритами конструкции и позволяет использовать в нем крупногабаритные детали. Кроме того, он состоит из отдельных блоков. Замена даже одного из блоков другими придает приемнику новые качества. Схемы его блоков характерны для многих любительских и промышленных радиовещательных транзисторных приемников и радиол. Опыт же монтажа и налаживания блоков позволит в дальнейшем взяться за конструирование малогабаритного приемника.

Сразу же оговоримся. При налаживании блоков приемника потребуются электроизмерительные приборы. Без них эта работа может оказаться затяжной и не даст нужного эффекта. Однако для всех видов электрических измерений, с которыми вам придется столкнуться, можно использовать один универсальный прибор — авометр. Это может быть, например, авометр ТТ-1, Ц-20.

ЭЛЕМЕНТЫ И БЛОКИ ПРИЕМНИКА

Сначала — коротко о сущности радиопередачи и приема сигналов радиовещательных станций. Для многих это, вероятно, будет сжатым пересказом истин, известных из школьного курса физики.

То, что мы слышим из громкоговорителя радиоприемника, происходит в это время за сотни и тысячи километров от нас. Голос диктора или певца, звуки музыкальных инструментов преобразуются на передающей радиостанции микрофоном в электрические колебания низкой (звуковой) частоты. После усиления эти колебания попадают в специальное радиоустройство — модулятор и управляют поступающими туда же от специального генератора колебаниями высокой частоты. В результате воздействия колебаний низкой частоты высокочастотные колебания модулируются. Другими словами, если до поступления в модулятор они имели неизменную (постоянную) амплитуду, то в модуляторе их амплитуда изменяется в такт с колебаниями низкой частоты. Модулированные высокочастотные колебания подводятся к антенне радиостанции и излучаются ею в пространство в виде радиоволн.

Радиоволны представляют собой периодически изменяющееся электромагнитное поле, в котором неразрывно связаны электрическое и магнитное поля. Эти поля — составляющие радиоволн.

Достигая антенны приемника, радиоволны пересекают ее провод и индуцируют (наводят, возбуждают) в нем очень слабые модулированные колебания высокой частоты. Поскольку в приемной антенне с одинаковым успехом наводятся высокочастотные колебания многих радиостанций, то, очевидно, самым первым элементом приемника должно быть устройство, с помощью которого можно из всех принятых сигналов выделить нужный. Таким устройством является колебательный контур.

Задача других элементов приемника заключается в том, чтобы усилить принятый сигнал радиостанции, выделить из него колебания низкой (звуковой) частоты, усилить их и преобразовать в звуковые колебания. Первую из этих функций выполняет усилитель колебаний высокой частоты, вторую — детектор, третью — усилитель колебаний низкой частоты, четвертую — громкоговоритель. По существу в радиоприемнике происходят процессы, обратные процессам в радиопередатчике.

Различают два принципиально разных вида радиовещательных приемников: приемники прямого усиления, в которых принятый сигнал до детектора только усиливается, и супергетеродинные приемники, в которых принятый сигнал вначале преобразуется в более низкочастотный сигнал, усиливается и только после этого поступает на детектор.

По схеме, конструкции и налаживанию приемники прямого усиления проще супергетеродинных. Именно поэтому первыми любительскими конструкциями и бывают обычно приемники прямого усиления. Супергетеродины сложнее, зато они обладают значительно лучшими, чем приемники прямого усиления, чувствительностью (способностью принимать слабые сигналы радиостанций) и избирательностью (способностью отстраиваться от соседних по частоте радиостанций). Супергетеродин является как бы вторым этапом творчества радиолюбителя-конструктора приемной аппаратуры.

Конструкция приемника, описываемого в этой книжке, позволяет простой заменой некоторых его блоков преобразовывать приемник

одного вида в другой, сравнивать их работу и делать соответствующие выводы.

Блоки приемника. Структурные схемы приемника прямого усиления и супергетеродина изображены на рис. 1. Детекторы *Д* как бы делят их на высокочастотные и низкочастотные части. Высокочастотную часть приемника прямого усиления образуют блок входных цепей, с помощью которого осуществляется настройка приемника на сигналы радиостанций, и усилитель высокой частоты (ВЧ).) Высокочастотная часть супергетеродина состоит из такого же, как в прием-

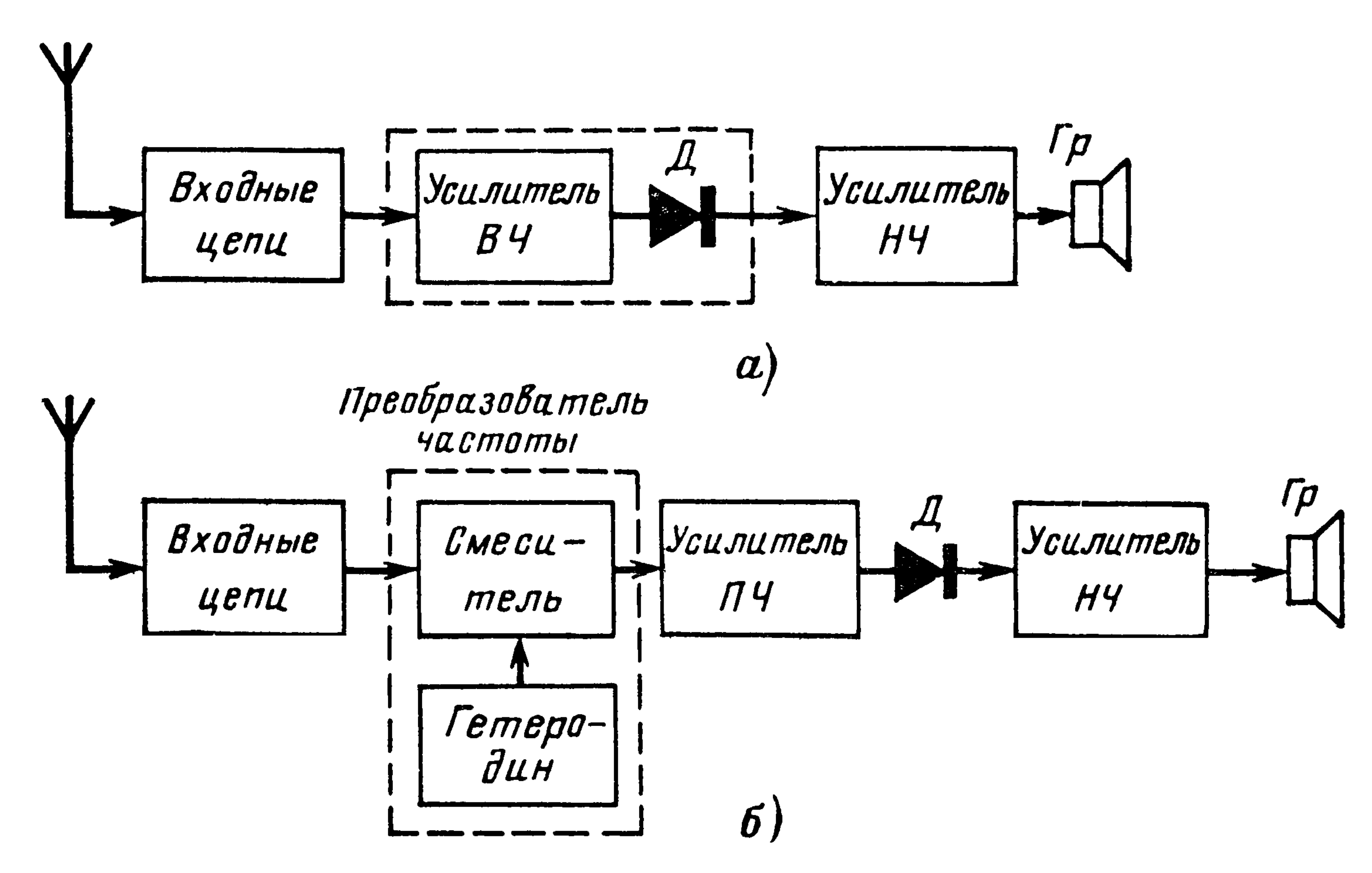


Рис. 1. Структурные схемы приемника прямого усиления (*а*) и супергетеродина (*б*).

нике прямого усиления, блока входных цепей, преобразователя частоты, состоящего из смесителя и гетеродина, и усилителя промежуточной частоты (ПЧ). Детекторы в обоих приемниках преобразуют модулированные колебания высокой частоты в колебания низкой (звуковой) частоты, которые усиливаются до необходимого уровня усилителями низкой частоты (НЧ) и преобразуются громкоговорителями *Гр* в звуковые колебания

Таким образом, принципиальное различие между приемником прямого усиления и супергетеродином заключается в их высокочастотных частях.

В описываемом приемнике детали входных цепей и громкоговоритель, являющиеся общими, будем называть блоком входных цепей. Обозначим его блоком 1. Усилитель высокой частоты и детектор приемника прямого усиления, а также преобразователь частоты супергетеродина с усилителем промежуточной частоты и детектором представляют собой единые блоки. Первый из них будем считать блоком 2, второй — блоком 3.

Усилители низкой частоты — сменные. Их три, и отличаются они друг от друга своими параметрами. Первый из них (блок 4) —усилитель с однотактным выходным каскадом, второй (блок 5) — усилитель с двухтактным трансформаторным выходным каскадом, третий

(блок 6) — усилитель с двухтактным бестрансформаторным выходным каскадом. Первый из этих блоков проще, второй и третий сложнее. С точки зрения расхода электроэнергии два последних усилителя экономичнее первого. Этим и объясняется тот факт, что выходные каскады усилителей низкой частоты переносных транзисторных приемников делают чаще всего двухтактными.

Любой транзисторный приемник, в том числе и малогабаритный, можно питать как от батарей, так и от электросети переменного тока. В последнем случае нужен выпрямитель. Чтобы наш приемник можно было питать от разных источников тока, в него входят два блока питания: сетевой (блок 7) и батарейный (блок 8).

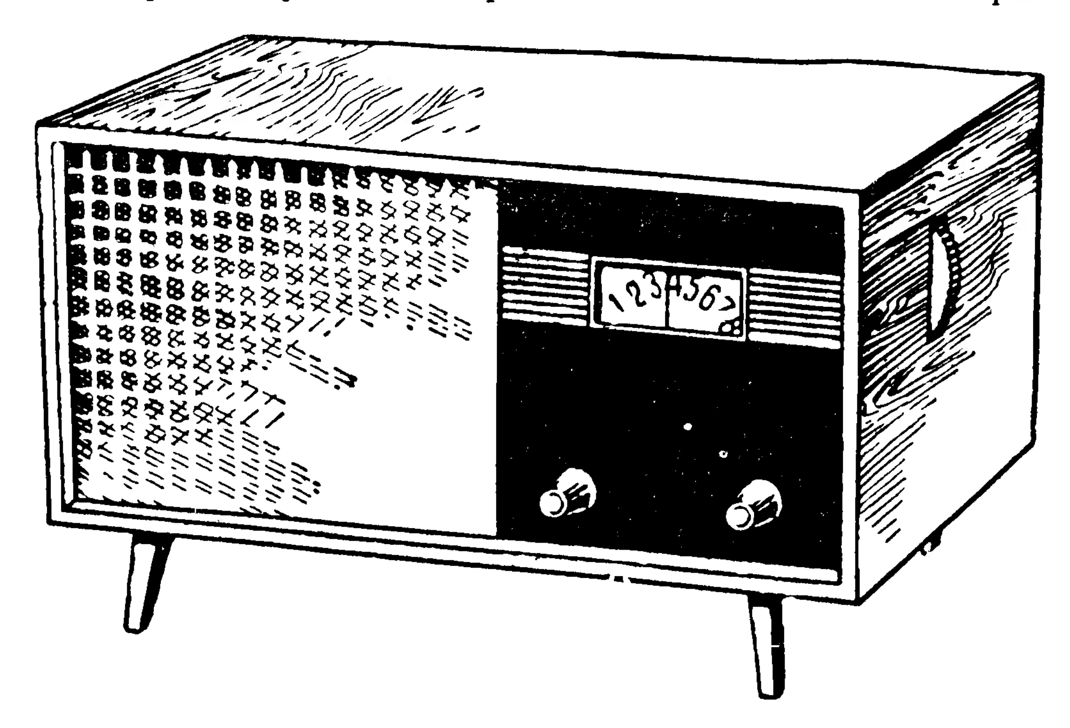


Рис. 2. Внешний вид приемника.

Итого восемь блоков. Один из них — блок 1 — общий для любого варианта приемника. Остальные семь блоков сменные. Заменяя их, можно составить семь разных по сложности и питанию вариантов приемника. Так, например, блоки 2, 4 и 7 вместе с блоком 1 образуют сетевой вариант приемника прямого усиления, а с блоком 3 вместо блока 2 — супергетеродин. Чтобы приемник стал батарейным, надо лишь блок 4 заменить более экономичным блоком 5, а сетевой блок питания 7 — батарейным блоком питания 8. Каждый из низкочастотных блоков приемника может быть использован для воспроизведения грамзаписи. Из блоков можно собрать и походный приемник.

При напряжении питания 9 В выходная мощность приемника с блоком 4 составляет 0,4—0,5 В·А, с блоками 5 и 6— около 0,15 В·А (150 мВ·А).

(В книге физические величины выражены в единицах международной системы СИ. В соответствии с этой системой обозначения единиц, названных в честь ученых, начинаются с прописной (заглавной) буквы: ампер — А, вольт — В, ом — Ом, ватт — Вт, миллиампер — мА, килоом — кОм и т. д.)

Внешний вид приемника показан на рис. 2. Основным несущим элементом конструкции является передняя (лицевая) стенка корпуса. На ней смонтированы детали входных цепей, громкоговоритель и планка с пружинящими контактами для подключения сменных блоков.

Прежде чем перейти к подробному описанию блоков, следует остановиться на основных свойствах колебательного контура, на

устройстве и работе полупроводниковых диодов и транзисторов, являющихся активными элементами приемника.

Электрический колебательный контур является избирательным элементом. Для настройки приемника на сигналы станций, работающих на разных, но постоянных для них частотах, для выделения колебаний высокой частоты и передачи их из одних электрических цепей в другие используют избирательные свойства колебательных контуров.

Простейший колебательный контур (рис. 3, *а*) состоит из катушки индуктивности $L_к$ и конденсатора $C_к$. Называют его колебательным потому, что в нем под действием внешних сил могут возбуждаться (возникать) электрические колебания, частота и амплитуда которых зависит от его собственной резонансной частоты. Источниками энергии, возбуждающей колебания в контурах входных цепей приемников, являются колебания высокой частоты, принятые антенной радиоприемника. Резонансная частота колебательного контура зависит от входящих в него индуктивности катушки и емкости конденсатора. Чем они больше, тем меньше резонансная частота контура и, следовательно, тем больше длина волны радиостанции, на которую он может быть настроен. И наоборот, чем они меньше, тем больше резонансная частота контура, тем короче длина волны принимаемой радиостанции. Если к контуру подключить антенну — кусок провода, в котором радиоволны индуцируют различные по частоте электрические колебания, в контуре с наибольшей амплитудой возбудятся лишь колебания, совпадающие по частоте с собственной резонансной частотой, т. е. колебания той частоты, на которую контур окажется настроенным в резонанс. В этом и заключаются избирательные свойства колебательного контура. Чтобы его настроить на другую частоту, надо изменить либо индуктивность катушки, либо емкость конденсатора, либо параметры обоих этих элементов контура.

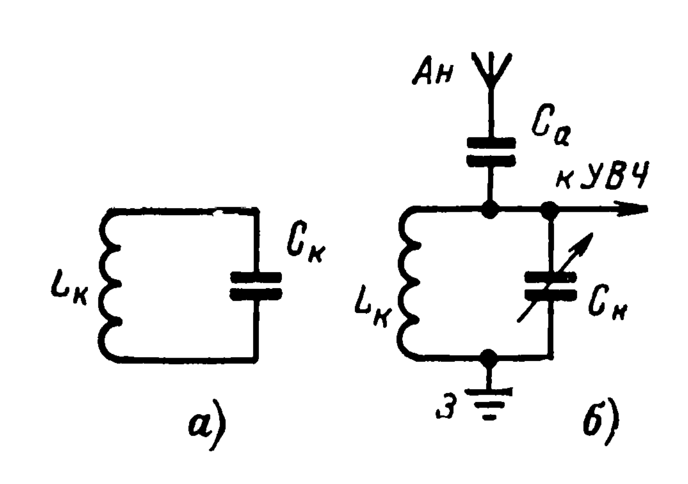


Рис. 3. Схемы колебательных контуров.

На частоту принимаемой радиостанции контур настраивают обычно с помощью конденсатора переменной емкости, как показано на рис. 3, *б*. С увеличением емкости этого конденсатора разонансная частота контура уменьшается, с уменьшением — увеличивается.

Диапазон частот, который может быть перекрыт контуром, перестраиваемым конденсатором переменной емкости (КПЕ), зависит от отношения его максимальной емкости к минимальной. Чем больше это отношение, тем шире диапазон. В реальном контуре, помимо емкости КПЕ, присутствуют еще и паразитные емкости — собственная емкость катушки, емкость монтажных проводников и т. д. В результате диапазон перекрываемых частот несколько сужается.

Для того чтобы принимать радиостанции, работающие в разных диапазонах (длинноволновом, средневолновом), катушку индуктивности делают сменной или с отводами, позволяющими включать в контур различное число витков и тем самым скачкообразно переключать его с одного радиовещательного диапазона на другой. Приемник, описываемый в этой книге, однодиапазонный, что сделано исключи-

тельно с целью упрощения его входных цепей. Выбор диапазона волн зависит от местных условий

На схеме, показанной на рис. 3, *б*, между антенной *Ан* и контуром $L_к C_к$ включен конденсатор $C_а$. Он необходим для того, чтобы ослабить влияние антенны на настройку контура. Дело в том, что антенна, роль которой может выполнять любой проводник тока, тоже обладает некоторой емкостью. Емкость наружной антенны (провода длиной 15—20 м, поднятого над землей на высоту 8—10 м), может достигать 150—200 пФ (пикофарад). Для настройки входных конту-

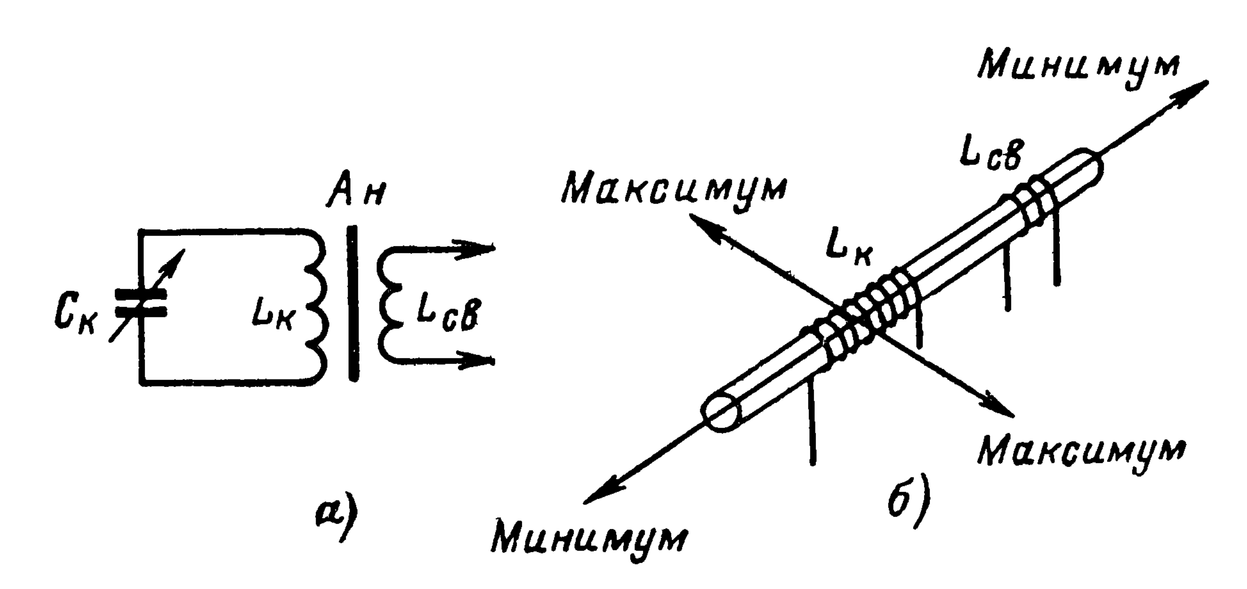


Рис 4. Схематическое обозначение и устройство магнитной антенны.

ров используют КПЕ, емкость которых изменяется от 8—10 до 350—510 пФ. Если конденсатора $C_а$ не будет, то емкость антенны окажется подключенной параллельно конденсатору $C_к$, общая емкость контура (и минимальная и максимальная) увеличится, и в результате он уже не сможет перекрывать тот диапазон волн, на который рассчитан. При этом ухудшатся и его избирательные свойства.

При включении в цепь антенны конденсатора емкость, вносимая антенной в контур, уменьшается. И чем меньше емкость этого конденсатора, тем меньше антенна будет влиять на настройку контура.

Для транзисторных приемников обычно используют встроенные в них магнитные антенны. Магнитными их называют потому, что высокочастотные колебания в таких антеннах возбуждаются в основном магнитной составляющей поля радиоволн. Но это не исключает использования внешних антенн в виде проводов, являющихся электрическими антеннами, реагирующими главным образом на электрическую составляющую радиоволн. Внешняя антенна улучшает прием отдаленных радиостанций.

Магнитная антенна, примененная в описываемом приемнике, представляет собой ферритовый стержень (на схемах его обозначают утолщенной линией) круглого или прямоугольного сечения с находящейся на нем катушкой индуктивности $L_к$. Катушка магнитной антенны и конденсатор переменной емкости $C_к$ образуют входной настраиваемый колебательный контур приемника (рис. 4, *а*). Индуктивность катушки будет наибольшей, когда она находится на середине ферритового стержня, и наименьшей, когда она сдвинута к одному из его концов. Таким образом, смещая катушку по стержню, можно в небольших пределах изменять ее индуктивность, что и делают при налаживании приемника.

Под действием электромагнитного поля в контуре магнитной антенны возбуждаются модулированные колебания высокой часто-

ты, которые через катушку связи $L_{св}$, находящуюся на том же ферритовом стержне, подаются на вход усилителя высокой частоты.

Магнитная антенна обладает направленными свойствами, зависящими от ее положения относительно принимаемой станции (рис. 4, *б*). Наиболее сильные колебания в контуре, а значит, и громкость работы приемника бывают в том случае, если ферритовый стержень магнитной антенны находится в горизонтальном положении и его ось перпендикулярна направлению на радиостанцию, а наиболее слабые — когда ось ферритового стержня направлена на нее. Поэтому магнитную антенну необходимо ориентировать в пространстве, перемещая приемник или поворачивая антенну в горизонтальной плоскости внутри приемника. В нашем приемнике применен второй из этих способов.

Детектором служит обычно полупроводниковый диод — прибор с резко выраженной односторонней проводимостью тока: он хорошо пропускает ток в одном направлении и плохо — в другом. Это свойство диодов и используют для детектирования модулированных колебаний высокой частоты, выпрямления переменного тока электросети и других целей.

Схематически устройство полупроводникового диода показано на рис. 5, *а*. Он представляет собой небольшую пластинку кристаллического германия или кремния, одна область (часть объема) которой обладает электропроводностью *n*-типа, т. е. электронной, другая — электропроводностью *p*-типа, т. е. «дырочной». Слой между этими областями называют *p-n* переходом. Здесь *n* — начальная буква латинского слова negative (негатив), что значит «отрицательный», *p* — начальная буква латинского слова positive (позитив), что означает «положительный». Область *p*-типа является анодом, т. е. положительным электродом, область *n*-типа — катодом, т. е. отрицательным электродом диода.

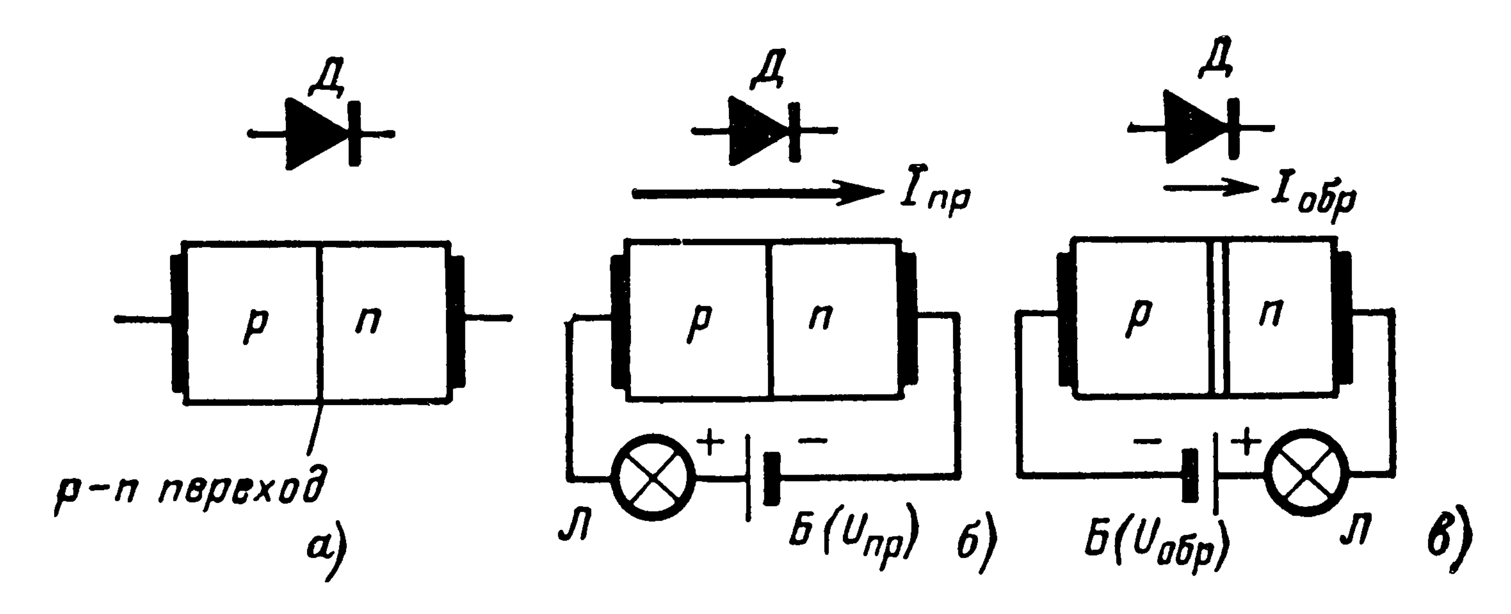


Рис. 5. Схематическое устройство (*а*) и принцип действия (*б, в*) полупроводникового плоскостного диода.

Если к диоду через лампочку от карманного фонаря подключить батарею, например 3336Л, так, чтобы ее положительный полюс был соединен с областью *p*-типа, а отрицательный с областью *n*-типа (рис. 5, *б*), то в образовавшейся цепи потечет ток (загорится лампочка), величина которого зависит от свойств диода и поданного на него напряжения. Такое состояние диода называют открытым, ток, текущий через него, — прямым током $I_{пр}$, а поданное на него

напряжение, благодаря которому диод открывается, — прямым напряжением $U_{пр}$. Если полюсы батареи поменять местами, как показано на рис. 5, *в*, то *p-n* переход как бы расширится, образуя зону, обедненную электрическими зарядами и оказывающую току большое сопротивление. Небольшой ток через *p-n* переход все же пойдет, но он будет во много раз меньше прямого тока. Его называют обратным током $I_{обр}$, а напряжение, создающее этот ток, обратным напряжением $U_{обр}$.

Работу диода как преобразователя переменного тока в ток одного направления иллюстрируют графики, показанные на рис. 6. При положительных полупериодах переменного напряжения $U_{\sim}$ на

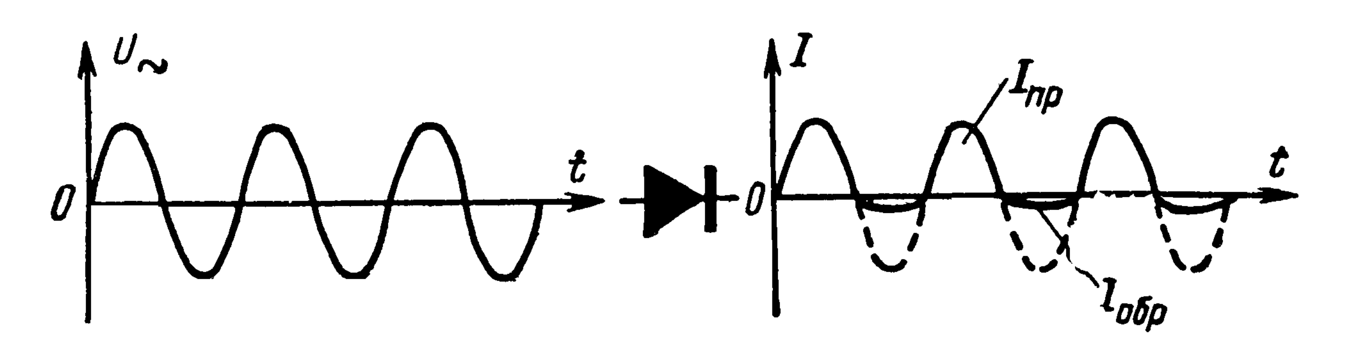


Рис. 6. Графики, иллюстрирующие работу диода как выпрямителя переменного тока.

аноде диод открывается и через него, а значит, и во всей цепи, в которую он включен, течет прямой ток $I_{пр}$. При отрицательных полупериодах на аноде диод закрывается. В эти моменты времени в цепи течет небольшой обратный ток $I_{обр}$. Диод как бы «отсекает» большую часть отрицательных полуволн переменного тока. Если пренебречь малым обратным током, что и делают на практике, то можно считать, что в цепи течет пульсирующий ток — ток одного направления, но изменяющийся по величине с частотой переменного тока. Это и есть выпрямление переменного тока.

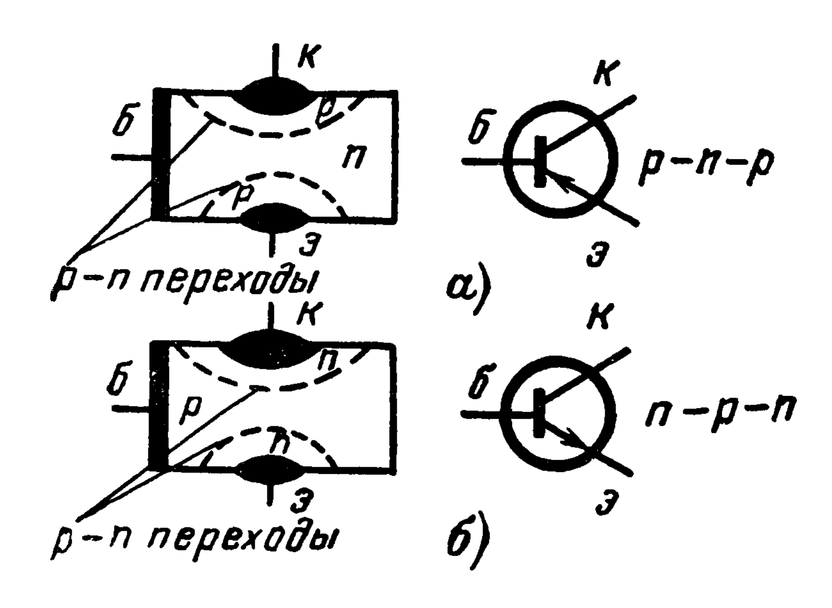


Рис. 7. Схематическое устройство и условное графическое обозначение транзисторов.

Так устроены и работают, например, плоскостные кремниевые диоды Д226Б, которые будут использованы в выпрямителе сетевого блока питания. Принципиально так же устроены и работают точечные диоды, например, серии Д9, Д2, применяемые для детектирования модулированных колебаний высокой частоты. Только у них площади *p-n* переходов значительно меньше, чем у плоскостных диодов.

Транзисторы, используемые для усиления и генерирования электрических колебаний низкой и высокой частот, являются трехэлектродными полупроводниковыми приборами (рис. 7). Основой транзистора служит пластинка полупроводника германия или кремния *n*- или *p*-типа. В объеме такого полупроводника искусственным путем

созданы две области, обладающие иной, чем пластинка, электропроводностью. Пластинка германия или кремния *n*-типа и созданные в ней области *p*-типа образуют транзистор структуры *p-n-p* (рис. 7, *а*), а пластинка *p*-типа и созданные в ней области *n*-типа — транзистор структуры *n-p-n* (рис. 7, *б*).

Независимо от структуры транзистора его пластинку исходного полупроводника называют базой *б*, противоположную ей по электропроводности область меньшего объема — эмиттером (*э*), а другую такую же область бóльшего объема — коллектором (*к*). Это три электрода прибора, образующие два *p-n* перехода: между эмиттером и базой — эмиттерный *p-n* переход, между коллектором и базой — коллекторный. Каждый из *p-n* переходов по своим электрическим свойствам аналогичен *p-n* переходу диода.

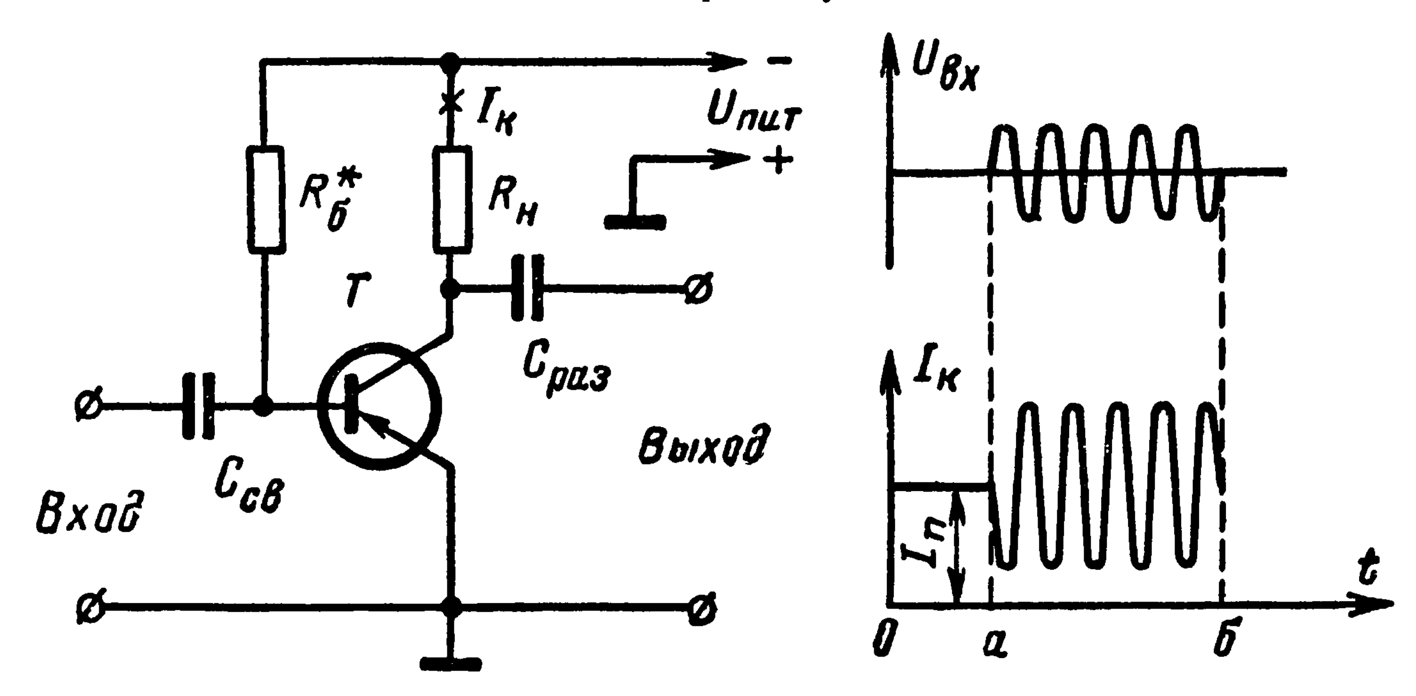


Рис. 8. Схема однокаскадного транзисторного усилителя и графики, иллюстрирующие его работу.

Условные графические обозначения транзисторов разных структур отличаются только тем, что стрелка на выводе, обозначающем эмиттер, у транзистора структуры *p-n-p* обращена к базе, а у транзистора структуры *n-p-n* — от базы.

Схема простейшего однокаскадного усилителя на транзисторе структуры *p-n-p* и графики, иллюстрирующие его работу, изображены на рис. 8. На коллектор транзистора относительно эмиттера через резистор $R_н$ подается отрицательное напряжение источника питания $U_{пит}$. Источником питания может быть батарея, составленная из гальванических элементов, или выпрямитель с выходным напряжением 6—9 В. Участок эмиттер — коллектор транзистора, резистор $R_н$ и источник питания $U_{пит}$ образуют коллекторную цепь транзистора. Резистор $R_н$ в этой цепи выполняет роль нагрузки, на которой выделяется переменное напряжение усиливаемого сигнала.

На базу транзистора относительно эмиттера от того же источника питания через резистор $R_б$ подается небольшое отрицательное напряжение, называемое напряжением смещения. Подбором сопротивления резистора $R_б$ напряжение смещения устанавливают равным минус 0,1—0,2 В. При этом транзистор открывается: в базовой цепи, образуемой эмиттерным переходом, резистором $R_б$ и источником питания $U_{пит}$, появляется небольшой ток базы $I_б$, который вызывает в несколько раз больший ток коллектора $I_к$ транзистора. Это исходное состояние транзистора называют состоянием покоя, а ток, теку-

щий в этом случае в коллекторной цепи — коллекторным током покоя. Без смещения на базе транзистор искажает усиливаемый сигнал. Сигнал, который необходимо усилить, подают на зажимы *Вход*, а усиленный каскадом сигнал снимают с зажимов *Выход*. Конденсатор связи $C_{св}$ на входе усилителя исключает замыкание базы транзистора на эмиттер по постоянному току через источник входного сигнала. Его емкость должна быть такой, чтобы он не оказывал заметного сопротивления колебаниям самых низших частот усиливаемого сигнала. Такому требованию отвечают: в усилителях низкой частоты — электролитические конденсаторы емкостью 10—20 мкФ, в усилителях высокой частоты — бумажные или керамические конденсаторы емкостью не менее 5000—10 000 пФ. Такие же требования предъявляются и к разделительному конденсатору $C_{раз}$.

Как работает усилитель? Пока на зажимах нет входного сигнала $U_{вх}$, на базе транзистора действует только напряжение смещения, открывающее транзистор и создающее в коллекторной цепи ток покоя $I_п$ (на графиках рис. 8 — участки *0—а*). С появлением на входе усилителя сигнала низкой или высокой частоты напряжение на базе начинает изменяться: при отрицательных полупериодах входного сигнала оно становится более отрицательным, а при положительных — менее отрицательным. В результате изменяется и ток базы, текущий через эмиттерный переход, и в значительно большей степени — ток коллектора транзистора. При этом на резисторе $R_н$ выделяется переменное напряжение, которое во много раз больше напряжения входного сигнала. Транзистор, следовательно, усиливает сигнал. Через разделительный конденсатор $C_{раз}$ усиленный сигнал может быть подан на вход следующего каскада для дополнительного усиления.

Точно так же работает и усилитель на транзисторе структуры *n-p-n*. Но в этом случае полярность включения источника питания должна быть обратной, чтобы на коллектор и базу транзистора относительно эмиттера подавались положительные напряжения.

Усилительные свойства транзистора характеризуются так называемым статическим коэффициентом передачи тока $B_{ст}$ и выражаются числом, показывающим, во сколько раз изменяется ток коллектора при изменении тока базы. Практически можно считать, что коэффициент $B_{ст}$ равен частному от деления тока коллектора на ток базы, т. е. $B_{ст} \approx I_к/I_б$. Так, например, если ток $I_к$ равен 1 мА, а ток $I_б$ — 0,02 мА (20 мкА), то коэффициент $B_{ст}$ транзистора равен приблизительно 50.

Для усилительных каскадов приемников используют транзисторы с коэфициентом $B_{ст}$ от 20—30 до 80—100. Чем больше коэффициент $B_{ст}$, тем, естественно, больше усиление сигнала, которое может обеспечить транзистор.

Ток покоя коллекторной цепи, т. е. ток в этой цепи при отсутствии входного сигнала, измеряют миллиамперметром, включая его между резистором $R_н$ и источником питания.

На схемах места включения миллиамперметра обозначают крестиками. Для маломощных низкочастотных и высокочастотных транзисторов, работающих в режиме усиления, этот ток устанавливают в пределах 0,5 — 2 мА путем подбора резистора $R_б$. Чем больше коэффициент $B_{ст}$ транзистора, тем больше должно быть сопротивление этого резистора. Обратите внимание: рядом с буквенным обозначением резистора $R_б$ стоит знак *. Так на схемах обозначают элементы, которые подбирают при налаживании устройства.

В рассмотренном нами усилителе входной сигнал подается к участку база — эмиттер, а усиленный сигнал снимается с участка эмиттер — коллектор транзистора. Эмиттер, следовательно, в этом случае является общим электродом как для входной, так и для выходной цепей усилителя. Такой способ включения транзистора, называемый включением по схеме с общим эмиттером, является наиболее распространенным, так как дает наибольшее усиление сигнала. Существуют другие способы включения транзистора, например по схеме с общим коллектором, когда общим электродом входной и выходной цепей усилителя является коллектор. Каскады на транзи-

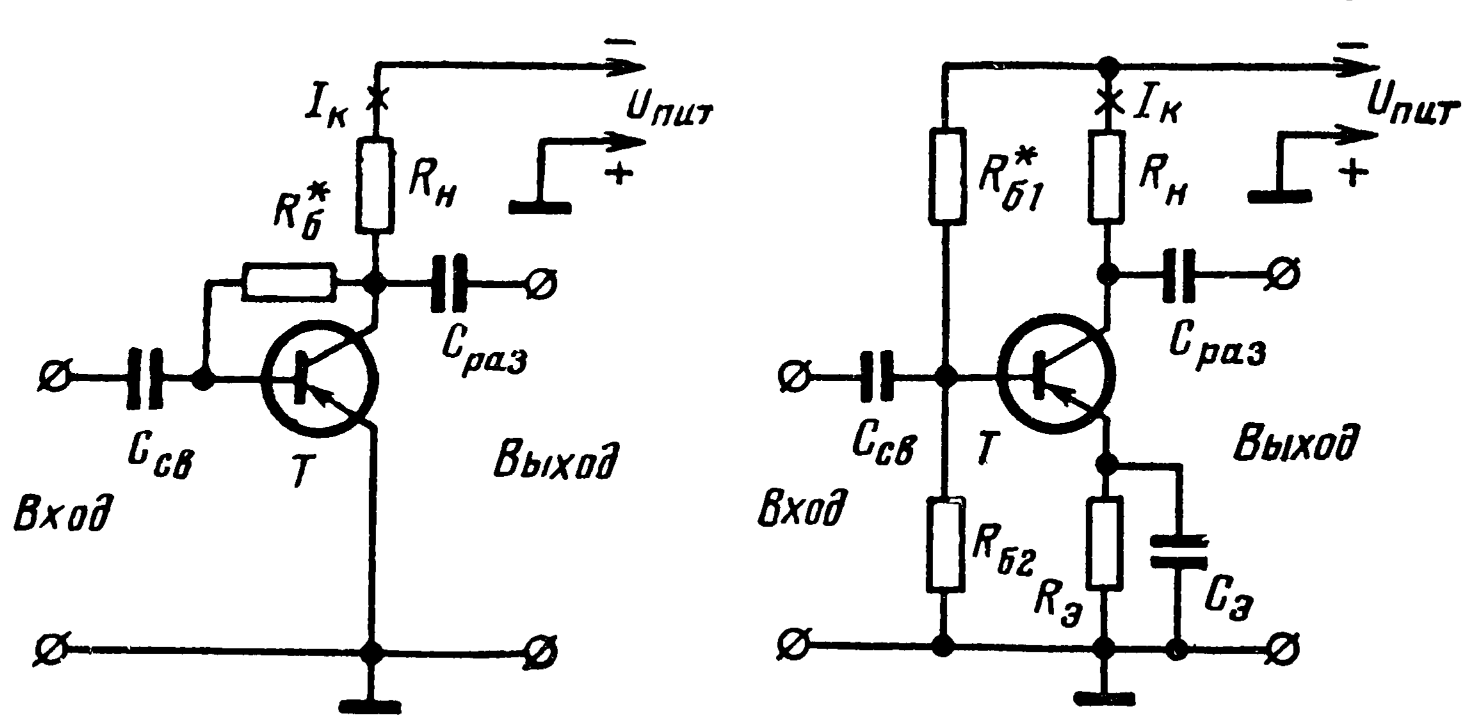


Рис. 9. Схема простейшего способа термостабилизации режима работы транзистора.

Рис. 10. Схема усложненного способа термостабилизации режима работы транзистора.

сторах, включенных по схеме с общим коллектором, применяют, например, для согласования усилительных каскадов на транзисторах, включенных по схеме с общим эмиттером.

В коллекторный ток транзистора, управляемый входным сигналом, входит и так называемый обратный ток коллекторного перехода $I_{к0}$, подобный по природе обратному току диода. В этом недостаток транзисторов. Сам по себе ток $I_{к0}$ невелик, но беда заключается в том, что с повышением температуры его доля в коллекторном токе сильно увеличивается, а это нарушает режим работы транзистора, снижает его усилительные свойства. Предотвратить такое неприятное явление можно введением в усилительные каскады элементов температурной стабилизации режима работы транзисторов.

Один из наиболее простых способов термостабилизации рабочего режима транзистора показан на рис. 9. Здесь резистор $R_б$ соединен не с минусом источника питания, как было в усилителе по схеме на рис. 8, а с коллектором транзистора. В этом случае коллекторный ток, возрастающий с повышением температуры, вызывает увеличение падения напряжения на резисторе $R_н$, что в свою очередь уменьшает напряжение на коллекторе. А так как база соединена (через резистор $R_б$) с коллектором, то начальное напряжение смещения на ней также уменьшается, и в результате уменьшается ток коллектора. При снижении температуры, наоборот, смещение на базе

и коллекторный ток увеличиваются. Так осуществляется температурная стабилизация заданного режима работы транзистора.

Недостаток такого способа термостабилизации заключается в том, что при работе каскада между коллектором и базой транзистора возникает (через резистор $R_б$) так называемая отрицательная обратная связь, снижающая усиление каскада. Кроме того, эффективность такого способа термостабилизации сравнительно невелика, поэтому его используют только в простейших конструкциях.

Другой способ термостабилизации, почти свободный от недостатков первого, показан на рис. 10. Но это достигается усложнением каскада. Здесь смещение на базу транзистора подается с делителя напряжения, состоящего из резисторов $R_{б1}$ и $R_{б2}$, а в эмиттерную цепь включен резистор $R_э$. Сопротивления резисторов подбирают так, чтобы на базе транзистора относительно эмиттера (а не «заземленного» проводника) было отрицательное напряжение, равное 0,1—0,2 В. С возрастанием коллекторного тока под действием температуры падение напряжения на резисторе $R_э$ увеличивается. А поскольку напряжение, снимаемое с делителя $R_{б1}R_{б2}$, остается постоянным, то разность напряжений, приложенных к базе и эмиттеру (т. е. напряжение смещения), уменьшается, что вызывает уменьшение тока в коллекторной цепи транзистора. Другими словами, получается такая же обратная связь по постоянному току, как в предыдущем усилителе, только не между коллектором и базой, а между эмиттером и базой (через резисторы $R_э$ и $R_{б2}$), благодаря чему и стабилизируется режим работы транзистора.

Какова роль конденсатора $C_э$? Шунтируя резистор $R_э$, он устраняет отрицательную обратную связь по переменному току между эмиттером и базой транзистора. Емкость конденсатора выбирают такой, чтобы на самых низших частотах рабочего диапазона его сопротивление переменному току было намного меньше сопротивления $R_э$. Для каскада усиления высокой частоты она должна быть не менее 5000—10 000 пФ, для каскада усиления низкой частоты— 10—20 мкФ.

Усилитель с такой термостабилизацией малочувствителен к колебаниям температуры и, кроме того, что тоже очень важно, допускает смену транзисторов без тщательной подгонки их режимов работы. В усилительных блоках описываемого приемника используется в основном именно такой способ термостабилизации режима работы транзисторов.

Режим работы транзистора можно устанавливать, контролируя его коллекторный ток или напряжения на электродах. Первый из этих способов применяется радиолюбителями чаще. Тем не менее на схемах мы будем указывать и напряжения на электродах, измеренные относительно общего «заземленного» (плюсового) проводника приемника вольтметром с входным сопротивлением не менее 5— 10 кОм/В. При измерении этих напряжений вольтметром с меньшим входным сопротивлением результаты будут отличаться от указываемых на схемах.

Конструировать приемник рекомендуем в такой последовательности. Сначала изготовьте корпус и смонтируйти блоки **1**, **7**, **8** и **4**. Подключив ко входным цепям диод и телефоны, получим детекторный приемник. Это лучший способ проверки блока **1**. Усилитель низкой частоты можно использовать и для работы с этим приемником и для воспроизведения грамзаписи. Затем смонтируйте блоки **2**, **5** и **6**, чтобы, комбинируя их с первыми блоками, можно было составить

приемник прямого усиления с любым низкочастотным трактом. Блок 3—самый сложный в налаживании — собирайте последним.

Почему сетевой блок питания рекомендуется монтировать одним из первых? Во-первых, потому, что в однотактном выходном каскаде усилителя низкой частоты использован мощный транзистор, потребляющий от блока питания ток около 150 мА. Питать такой усилитель от батареи невыгодно, так как ее ненадолго хватит. Во-вторых, на время налаживания блоков целесообразно вообще отказаться от батарейного питания, а пользоваться более дешевой энергией электроосветительной сети.

При нумерации деталей в каждом блоке мы будем ставить две подстрочные цифры, первая из них будет соответствовать принятой нами нумерации блоков, вторая — порядковому номеру одноименных деталей данного блока. Например, $C_{4\text{-}2}$. Здесь цифра 4 указывает, что этот конденсатор относится к усилителю низкой частоты с однотактным выходным каскадом (блок 4), а цифра 2 — порядковый номер конденсатора этого блока.

КОРПУС ПРИЕМНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖА БЛОКОВ

Корпус приемника (рис. 11) представляет собой коробку с внутренними размерами 280×130×180 мм, в которую вставляется с внутренней стороны передняя (лицевая) панель. Упорами для панели могут служить трехгранные планки, вклеенные по углам коробки, или металлические уголки, привинченные к боковым стенкам. В отверстия, просверленные в нижней стенке корпуса, вставлены с клеем ножки квадратного сечения.

Для коробки корпуса используйте фанеру толщиной 8—10 мм. Наружные стороны боковых и верхней стенок желательно оклеить шпоном ценных пород древесины и отполировать или покрасить цветной нитроэмалью светлого тона.

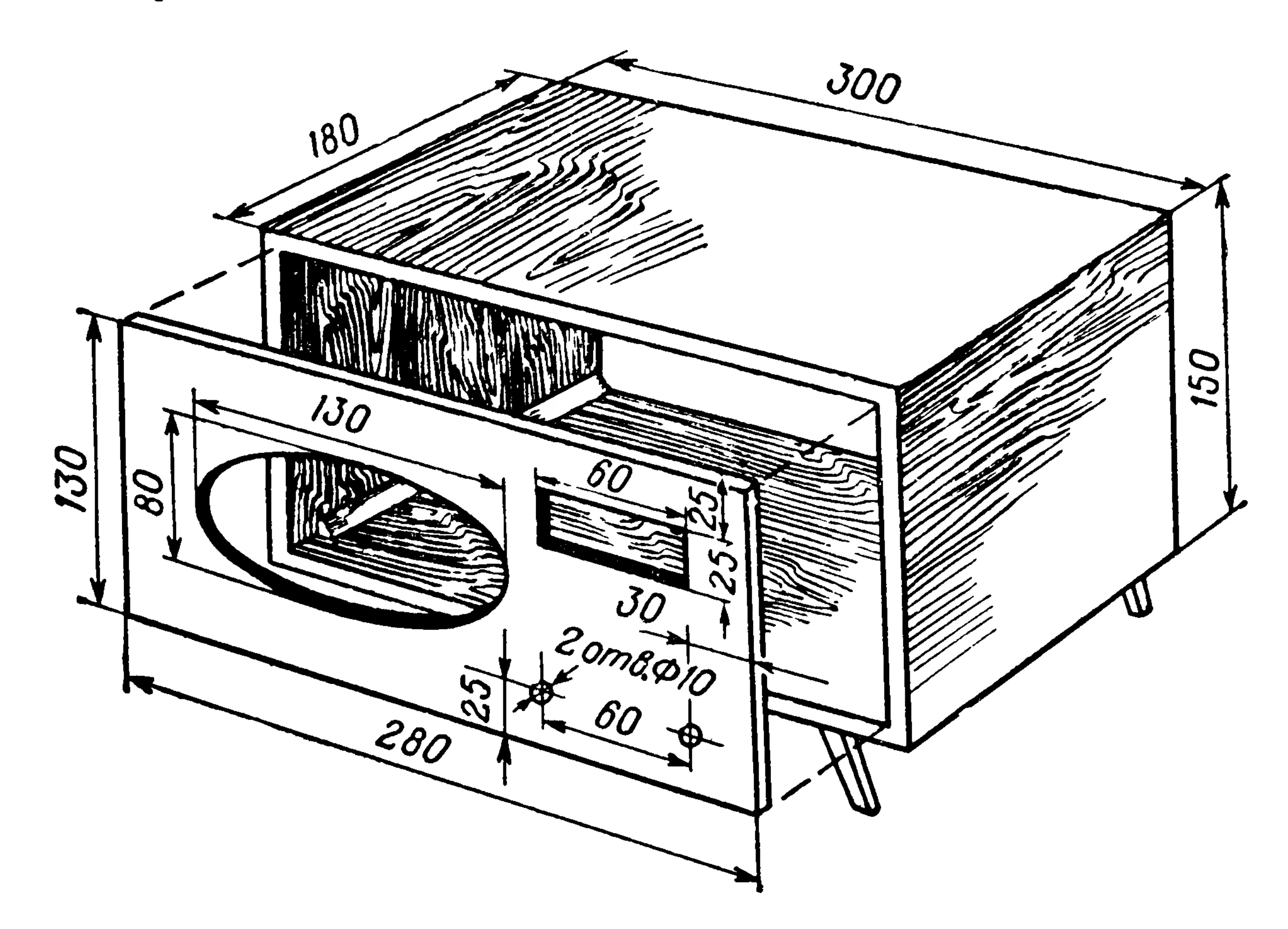


Рис. 11. Детали корпуса приемника.

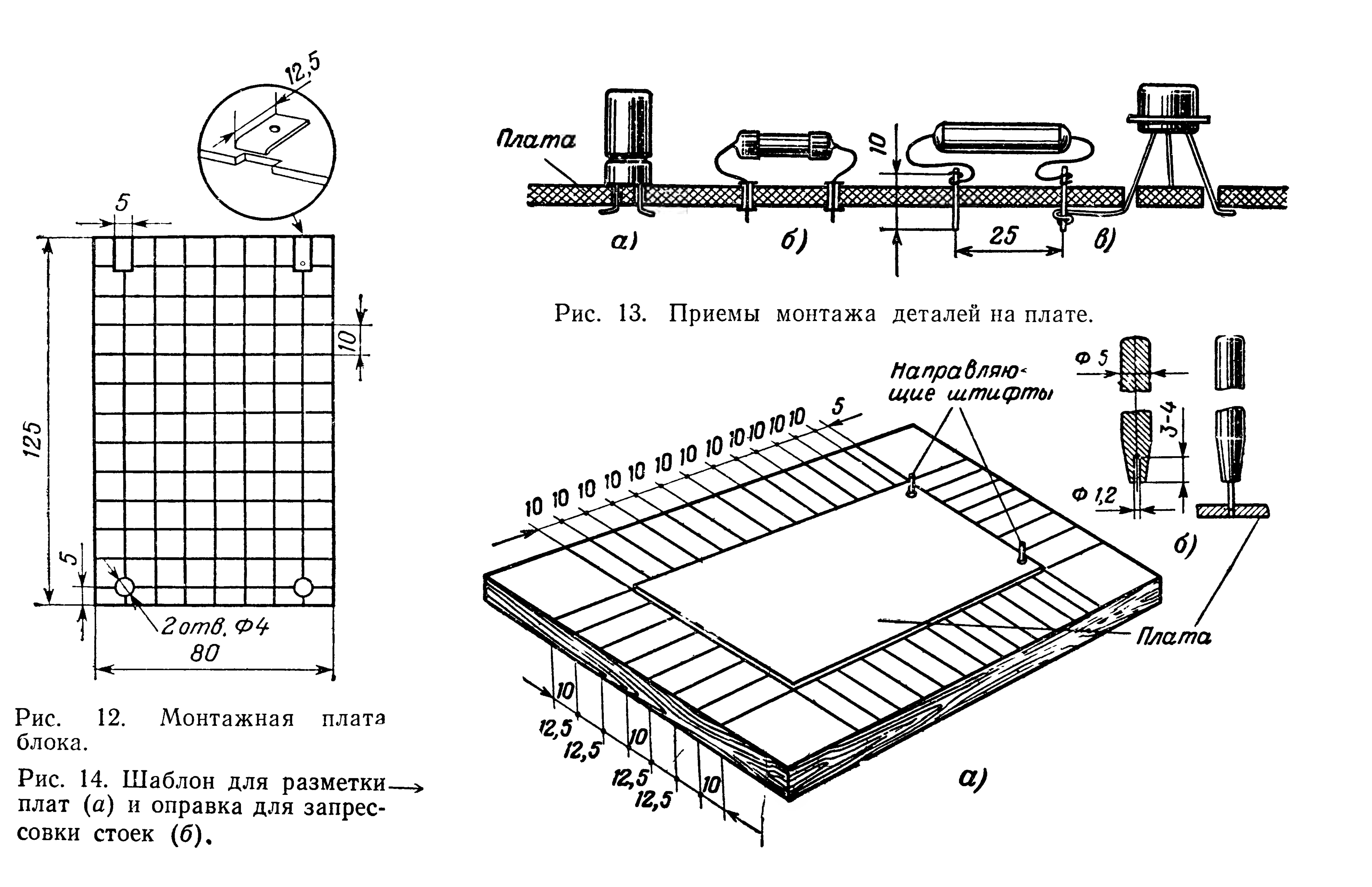


Рис. 12. Монтажная плата блока.

Рис. 13. Приемы монтажа деталей на плате.

Рис. 14. Шаблон для разметки → плат (*а*) и оправка для запрессовки стоек (*б*).

Панель, являющуюся основой блока 1, лучше всего выпилить из древесностружечной плиты. Овальное отверстие в ней предназначено для громкоговорителя, прямоугольное отверстие — для шкалы настройки приемника, два отверстия диаметром 10 мм — для крепления регулятора громкости и втулки оси верньерного механизма. После монтажа деталей панель с лицевой стороны задрапируйте декоративной тканью.

Детали сменных блоков смонтированы на платах размерами 80×125 мм (рис. 12), которые можно изготовить из гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2 мм. Всего потребуется восемь плат — по числу сменных блоков. Поскольку платы имеют одинаковые размеры, их целесообразно обрабатывать вместе, зажав пакет в тисках. Одновременно можно просверлить и отверстия диаметром 4 мм. В них с помощью гаек М3 закрепляют шпильки, фиксирующие положение плат в корпусе приемника.

Габариты плат позволяют размещать на них конденсаторы и резисторы практически любых типов, что в значительной степени облегчает подбор деталей. Так, например, во всех описываемых усилителях низкой частоты применены электролитические конденсаторы типа К50-6. Чтобы укрепить такой конденсатор, надо лишь просверлить в плате два отверстия диаметром 1—1,5 мм, пропустить через них проволочные выводы конденсатора и отогнуть их в разные стороны с другой стороны платы (рис. 13, *а*). С таким же успехом можно использовать и конденсаторы К50-3, ЭМ или конденсаторы чехословацкой фирмы «Тесла». Надо только учесть особенности конструкции детали при разметке отверстий под опорные монтажные точки.

Опорными монтажными точками резисторов, конденсаторов и соединительных проводников могут быть пустотелые заклепки (рис. 13, *б*), часто называемые пистонами, или стойки (рис. 13, *в*) — отрезки медной посеребренной или луженой проволоки диаметром 1—1,5 мм, запрессованные в отверстиях в плате. Выбор того или иного способа монтажа зависит от имеющихся материалов.

В описываемых блоках в качестве опорных монтажных точек использованы стойки из медной проволоки длиной 10 мм. На концах выводов деталей и соединительных проводов сделаны петли, которые надеты на стойки и припаяны к ним. Детали каждого блока расположены с одной стороны платы, а монтажные проводники с другой (на монтажных схемах эти проводники показаны штриховыми линиями). Выводы транзисторов пропущены через отверстия в платах и снизу припаяны к стойкам тех деталей, с которыми они должны соединяться.

На платах детали расположены примерно так же, как их условные обозначения на принципиальных схемах, что облегчает монтаж. Бóльшая часть резисторов и конденсаторов расположена на платах в два ряда. Основные расстояния между опорными точками этих деталей — 25 мм, между деталями и рядами — 10 мм.

Чтобы ускорить изготовление плат, полезно использовать шаблон, представляющий собой дощечку, на которой начерчены осевые линии отверстий под монтажные стойки. Такой разметочный шаблон показан на рис. 14, *а*. Два направляющих штифта на нем служат для фиксации положения платы при разметке. Заготовки плат размечают, ориентируясь на осевые линии. Для этого на верхнюю сторону заготовки платы с помощью резинового клея наклеивают кусок плотной бумаги и вычерчивают на нем карандашом монтаж-

ную схему блока. Затем, не снимая заготовки с шаблона, сверлят отверстия и запрессовывают в них стойки. После этого бумагу удаляют, плату очищают от остатков клея и монтируют конденсаторы, резисторы, выводные контактные пластинки. Наконец, плату снимают с шаблона, крепят на ней более крупные детали, монтируют транзисторы, соединяют стойки с другой стороны платы.

Для запрессовки стоек в отверстия плат можно использовать стальной пруток с направляющим отверстием в торце (рис. 14, *б*). С помощью такого приспособления стойку направляют в отверстие, диаметр которого примерно на 0,1 мм меньше диаметра стойки, и запрессовывают ее ударом молотка.

Эти советы относятся к технологии монтажа всех сменных блоков приемника. Некоторые другие советы будут даны применительно к каждому блоку.

БЛОК ВХОДНЫХ ЦЕПЕЙ

Этот блок (блок 1) является общим для приемника прямого усиления и супергетеродина. Его конструкция, принципиальная схема и некоторые детали показаны на рис. 15. В блок входят магнитная антенна $Ан_1$, двухсекционный блок конденсаторов переменной емкости $C_{1\text{-}1}$ и $C_{1\text{-}2}$ с верньерным устройством и шкалой настройки, переменный резистор $R_{1\text{-}1}$ и сборочная планка с контактами, с помощью которой соединяются между собой все блоки приемника. Контакты секции *I* служат для подключения блоков высокочастотного тракта, секции *II* — блоков низкочастотного тракта, секции *III* — блоков питания. В блок 1 входит также громкоговоритель $Гр_{1\text{-}1}$. К выходу усилителя он подключается с помощью гнездовых частей штепсельного разъема; его штепсельные части находятся на платах низкочастотных блоков.

Переменный резистор $R_{1\text{-}1}$ выполняет роль нагрузки детектора и регулятора громкости. Для приемника прямого усиления используется одна секция блока конденсаторов переменной емкости — конденсатор $C_{1\text{-}1}$, для супергетеродина — обе секции.

Входной контур приемника образуют катушка $L_{1\text{-}1}$ магнитной антенны и конденсаторы $C_{1\text{-}1}$ и $C_{1\text{-}3}$. Настройка его на волну радиостанции осуществляется конденсатором $C_{1\text{-}1}$. Подстроечный конденсатор $C_{1\text{-}3}$ для приемника прямого усиления необязателен, но он потребуется для супергетеродина.

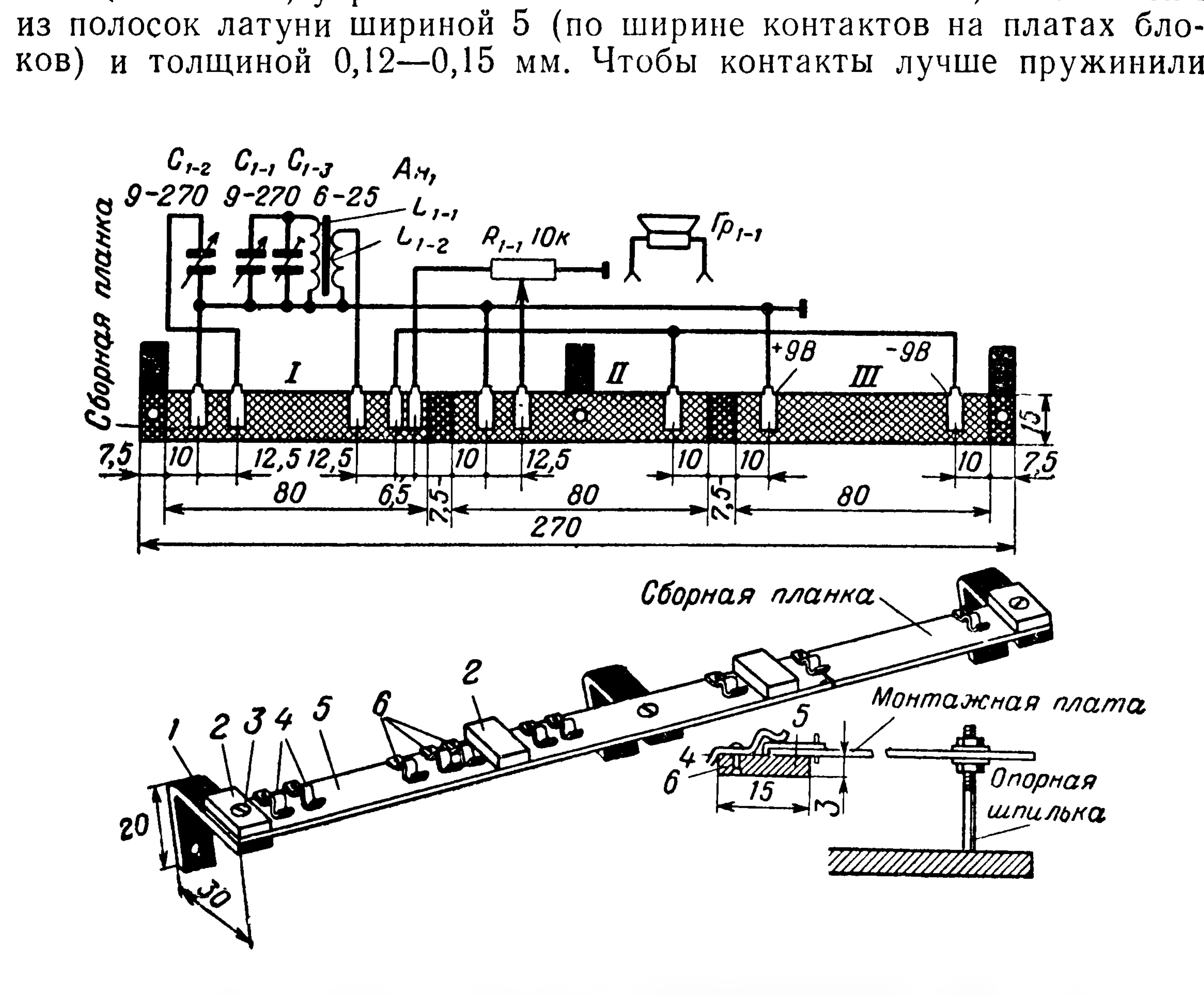
Громкоговоритель $Гр_{1\text{-}1}$ — типа 1ГД-4, 1ГД-18, 1ГД-28 или любой другой одноваттный громкоговоритель с эллиптическим диффузором и звуковой катушкой сопротивлением 4,5—6 Ом. На лицевой панели он закреплен шурупами. Можно, разумеется, использовать и громкоговоритель иной конструкции, в том числе с круглым диффузором. Но тогда вырез в лицевой панели и компоновку деталей на ней надо делать с учетом конструкции этого громкоговорителя. Использовать для приемника малогабаритные громкоговорители, например 0,1ГД-6, 0,1ГД-9 и т. п., не следует, так как они не обеспечат хорошего качества звука.

Переменный резистор $R_{1\text{-}1}$ — СП-I группы В или А сопротивлением 5,6—12 кОм. Резистор группы Б применять не следует, так как

при этом не будет должной плавности нарастания громкости при вращении его оси по часовой стрелке.

Сборочную планку *5* изготавливают из листового гетинакса или текстолита толщиной 2—2,5 мм. Планки *2*, ограничивающие смещение вставляемых между ними плат сменных блоков, выпилены из того же материала и приклеены к планке *5* универсальным клеем «Суперцемент» или ему подобным.

Контакты *4*, укрепленные на планке заклепками *6*, изготовлены из полосок латуни шириной 5 (по ширине контактов на платах блоков) и толщиной 0,12—0,15 мм. Чтобы контакты лучше пружинили



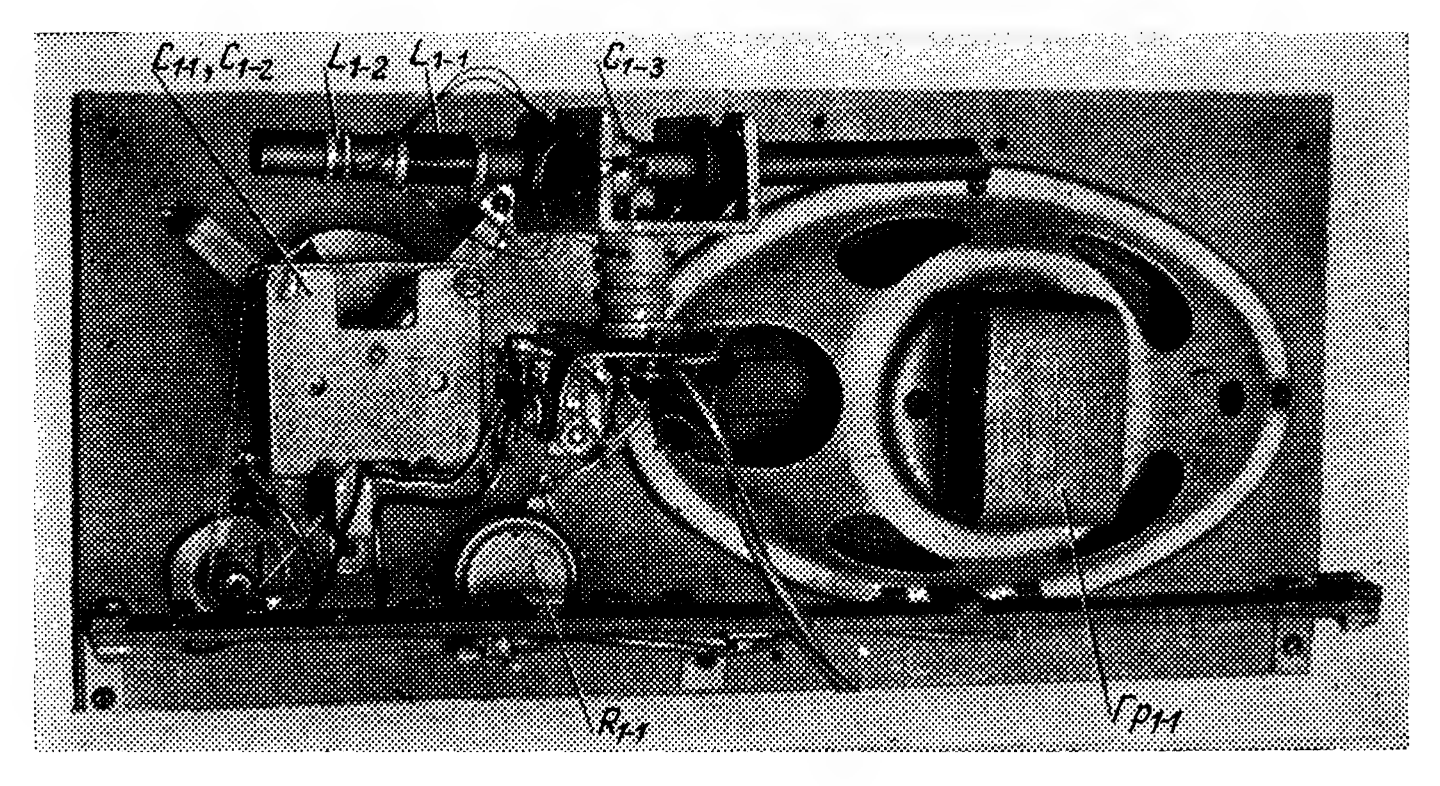


Рис. 15. Принципиальная схема и конструкция блока входных цепей.

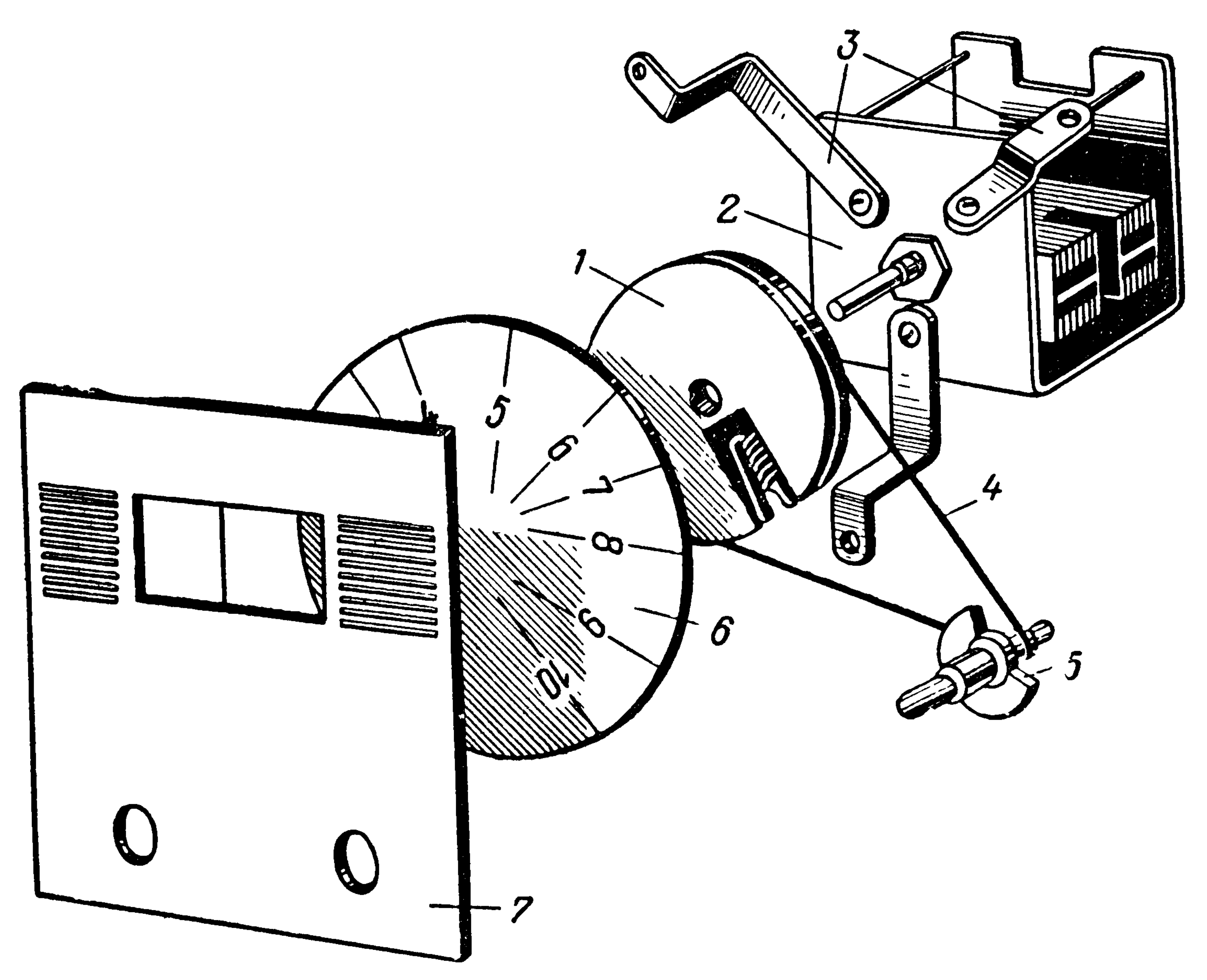


Рис. 16. Детали механизма настройки приемника.

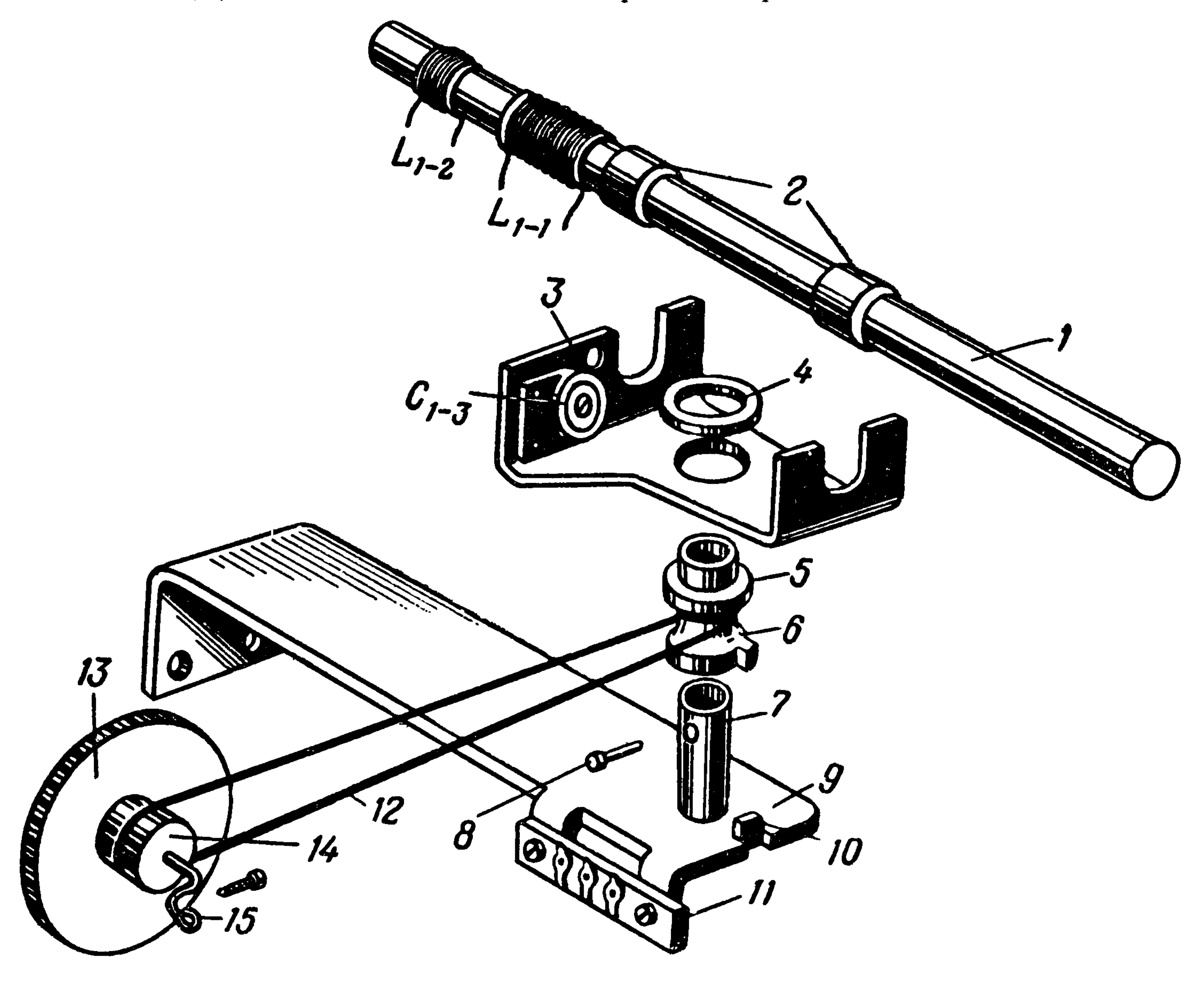


Рис. 17. Конструкция поворотного устройства магнитной антенны.

и обеспечивали надежные электрические соединения с контактами на платах блоков, заготовленные полоски следует слегка отковать (нагартовать).

Сборочную планку закрепляют на панели с помощью трех кронштейнов *1*, изготовленных из листового алюминия или стали толщиной 1,5—2 мм, и шурупов. На кронштейнах сборочная планка удерживается винтами *3*.

В приемнике использован малогабаритный блок конденсаторов переменной емкости с воздушным диэлектриком. Минимальная емкость каждой его секции 12, максимальная — 280 пФ (от транзисторного приемника «Альпинист», снятого с производства). Можно применить блок с максимальной емкостью до 350—400 пФ, например, от приемника «Спидола» и, конечно, необязательно малогабаритный.

Устройство механизма настройки приемника показано на рис. 16. Блок конденсаторов *2* закреплен на передней стенке корпуса с помощью кронштейнов *3*, изготовленных из листового металла толщиной 1—1,5 мм. Предварительно на ось блока плотно насаживают шкив *1*, выточенный из фанеры, гетинакса или органического стекла толщиной 10 мм. Диаметр шкива — 40—45 мм. На его торце сделана канавка для тросика *4*, а по радиусу — пропил, в котором имеется винт с проволочной скобой для крепления и натяжения тросика. Валик со втулкой *5* использован готовый, от вышедшего из строя переменного резистора типа СП-I. На одном конце валика припаяна жестяная трубка, на которую плотно насажен отрезок резиновой трубки. Тросиком служит прочная крученая нитка.

Шкалой *6* служит плотная белая или цветная бумага с нанесенными на нее делениями (или наименованиями радиостанций), которая приклеена к шкиву *1*. Деления шкалы видны через декоративную накладку *7*, выпиленную из тонкого прозрачного органического стекла, и через отверстие в панели. Сторона накладки, обращенная к панели, окрашена цветной нитроэмалью. Указателем настройки служит тонкая линия в «окошке» накладки.

Магнитная антенна с поворотным устройством — от приемника «Ригонда». Переделан только кронштейн с учетом крепления его на панели.

Возможная конструкция самодельного поворотного устройства магнитной антенны показана на рис. 17. Ферритовый стержень *1* магнитной антенны удерживается в вырезах кронштейна *3* с помощью резиновых колец *2*. В отверстии кронштейна с помощью клея закреплен шкив *5*, который свободно поворачивается на полой оси *7*, жестко соединенной с кронштейном *9*. Диск *13* со шкивом *14* вращаются на проволочной стойке-оси *15*, прикрепленной к правой стенке корпуса. Вращение от шкива *14* шкиву *5* передается тросиком *12*. Часть диска *13* выступает с наружной стороны боковой стенки корпуса.

Кронштейн *3* со шкивом *5* удерживается на полой оси шайбой *4* и проволочным шплинтом *8*, вставленным в отверстие в оси. Круговое движение магнитной антенны ограничивает лепесток *10*, в который упирается выступ *6* на шкиве *5*. На кронштейне *3* установлен также подстроечный конденсатор $C_{1\text{-}3}$. Соединительные проводники, выполненные многожильным гибким проводом в двухслойной шелковой или хлопчатобумажной изоляции, пропущены через полую ось и припаяны к монтажной планке *11*.

Кронштейн *3* лучше всего изготовить из органического стекла толщиной 2,5—3 мм, заготовку размягчить в горячей воде или над

пламенем газовой горелки и загнуть. Шкивы *5* и *14* вытачивают из винипласта, эбонита или другой пластмассы. В крайнем случае можно использовать для этой цели укороченные катушки из-под ниток. Ось *7* и кронштейн *9* — металлические, диск *13* — из гетинакса или винипласта. Ось *7* закрепляют в кронштейне *9* с помощью пайки или расчеканкой нижнего конца. Тросиком, как и в верньерном устройстве блока конденсаторов переменной емкости, служит прочная крученая нитка (например, рыболовная леска).

Размеры деталей поворотного механизма магнитной антенны произвольные. Важно лишь, чтобы конструкция была прочной и ферритовый стержень при повороте не задевал за стенки корпуса, лицевую панель и другие детали этого блока приемника.

Стержень магнитной антенны — ферритовый, марки 400НН, диаметром 8 или 10 мм, длиной 150—160 мм. Катушки $L_{1\text{-}1}$ и $L_{1\text{-}2}$ намотаны проводом ПЭВ-1 0,1 на отдельных каркасах, склеенных из тонкой бумаги. По стержню они должны перемещаться с небольшим трением. Катушка $L_{1\text{-}1}$ содержит 65, $L_{1\text{-}2}$ — 6 витков. С такой катушкой $L_{1\text{-}1}$ и конденсатором $C_{1\text{-}1}$ максимальной емкостью 280 пФ приемник плавно перекрывает средневолновый радиовещательный диапазон. Для приема радиостанций длинноволнового диапазона катушка $L_{1\text{-}1}$ должна содержать 180—200, а катушка $L_{1\text{-}2}$ — 16—20 витков такого же провода.

Для проверки входных цепей потребуются точечный диод любого типа, например Д9Б, и головные телефоны, например ТОН-1 или ТА-4. Диод и телефоны соедините последовательно и подключите к контуру $L_{1\text{-}1}C_{1\text{-}1}C_{1\text{-}3}$, как показано на рис. 18. К контуру через конденсатор C_a емкостью 51—100 пФ присоедините внешнюю антенну — провод длиной 5—8 м и заземление, роль которого могут выполнять водопроводные трубы. Получится детекторный приемник с внешней электрической антенной. Модулированные колебания высокой частоты, возбуждаемые в контуре, будут детектироваться диодом *Д*, а создающиеся в результате этого колебания низкой частоты — преобразовываться телефонами *Тф* в звуковые колебания.

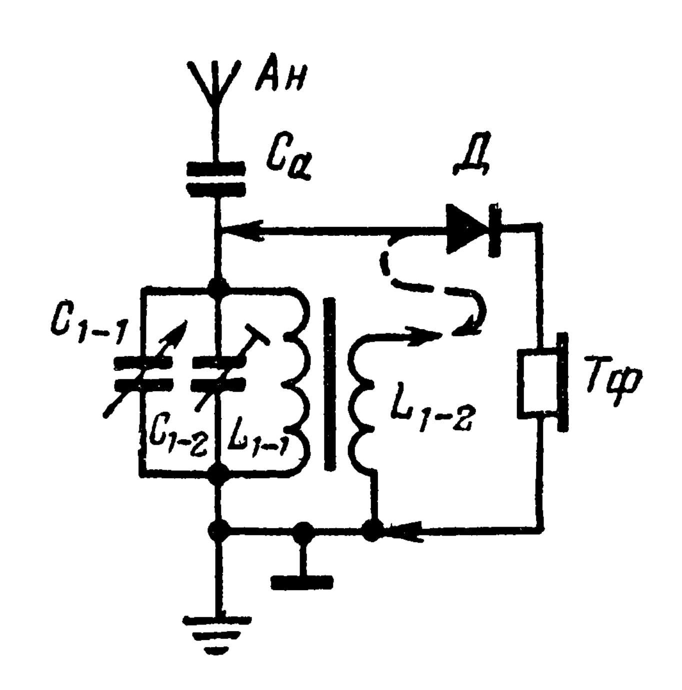


Рис. 18. Схема проверки работоспособности входного контура приемника.

На такой приемник возможен негромкий прием передач местных или отдаленных мощных радиостанций. Настройка на сигналы радиостанций осуществляется конденсатором переменной емкости. Радиостанции наиболее длинноволнового участка диапазона должны прослушиваться при наибольшей емкости этого конденсатора, станции наиболее коротковолнового участка диапазона — при наименьшей емкости конденсатора.

Настроив приемник на какую-либо радиостанцию, передвиньте контурную катушку вначале ближе к середине, а потом — к концу ферритового стержня. Настройка на ту же станцию должна измениться: в первом случае емкость конденсатора переменной емкости

придется несколько уменьшить, во втором — увеличить. Этот своеобразный опыт является наглядным примером зависимости настройки контура от положения катушки на ферритовом стержне.

А теперь переключите цепочку из детектора и телефонов на катушку $L_{1\text{-}2}$ (на рис. 18 показано штриховой линией). Получится приемник с индуктивной связью входного контура с детекторной цепью. Громкость приема будет наибольшей, когда катушка связи $L_{1\text{-}2}$ вплотную придвинута к контурной катушке $L_{1\text{-}1}$. По мере удаления катушки связи от контурной громкость должна ослабевать, а избирательность приемника улучшаться.

Если приемник не работает, то причиной этого могут быть плохие контакты в цепях или обрывы в катушках. Неисправность можно найти с помощью омметра.

СЕТЕВОЙ БЛОК ПИТАНИЯ

Принципиальная схема этого блока (блока **7**), преобразующего переменный ток электроосветительной сети относительно высокого напряжения в постоянный ток низкого напряжения, необходимый для питания других блоков приемника, показана на рис. 19. На выходе блока получается стабилизированное напряжение около 9 В

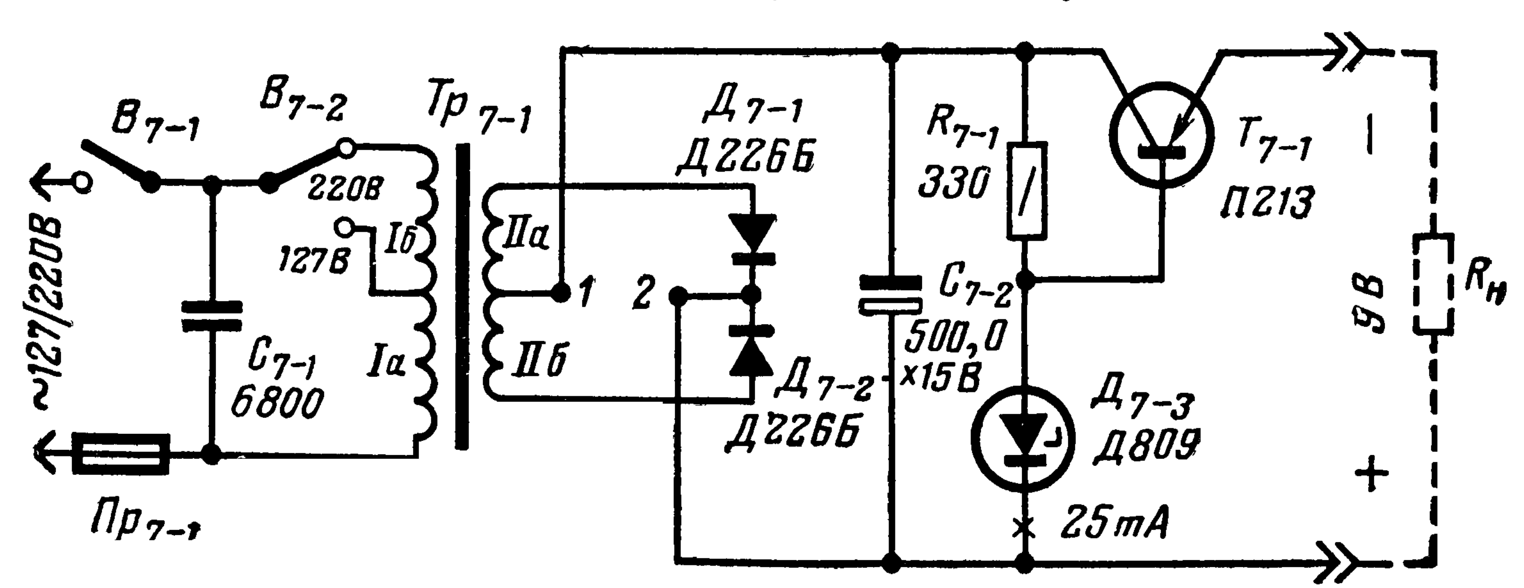


Рис. 19. Принципиальная схема сетевого блока питания.

(зависит от напряжения стабилизации стабилитрона $Д_{7\text{-}1}$). Ток, потребляемый приемником от выпрямителя, может достигать 0,2—0,25 А (200—250 мА), при этом напряжение на выходе выпрямителя остается практически неизменным.

Как работает выпрямитель? Нарисуйте на схеме между точками *1* и *2* резистор, а остальную часть схемы правее диодов $Д_{7\text{-}1}$ и $Д_{7\text{-}2}$ прикройте временно листком бумаги. Резистор будем считать нагрузкой выпрямителя.

Графики, иллюстрирующие работу выпрямителя, изображены на рис. 20. Когда первичная обмотка трансформатора питания подключена к электросети, в его вторичной обмотке индуцируется переменное напряжение (график *а*), пониженное примерно до 9 В. В первый полупериод, когда на верхнем (по схеме) выводе вторичной обмотки напряжение положительное (по отношению к точке *1*

на рис. 19), а на нижнем выводе — отрицательное, ток идет через диод $Д_{7\text{-}1}$ и нагрузочный резистор к точке *1* вторичной обмотки трансформатора (график *б*). В следующий полупериод переменного напряжения, когда полярность напряжений на выводах обмотки изменяется на обратную, ток в нагрузке идет в том же направлении (от точки *2* к точке *1*), но через диод $Д_{7\text{-}2}$ (график *в*). Таким образом происходит двухполупериодное выпрямление, т. е. используются оба полупериода переменного тока. В результате через нагрузку течет ток одного направления, пульсирующий с частотой 100 Гц (график *г*), т. е. с удвоенной частотой тока электросети. Питать приемник таким током нельзя, поскольку с такой же частотой будут изменяться и токи транзисторов, в результате чего будет слышен лишь звук низкого тона, называемый фоном переменного тока.

В сетевом блоке питания пульсации выпрямленного напряжения «сглаживаются» (на графике *г* это показано штриховой линией) устройством, схема которого была прикрыта бумагой. Фильтрация (сглаживание) и одновременно стабилизация напряжения осуществляются электролитическим конденсатором $C_{7\text{-}2}$ большой емкости, транзистором $T_{7\text{-}1}$ и стабилитроном $Д_{7\text{-}3}$. Стабилитрон обладает свойством поддерживать постоянное напряжение при значительных колебаниях текущего через него тока.

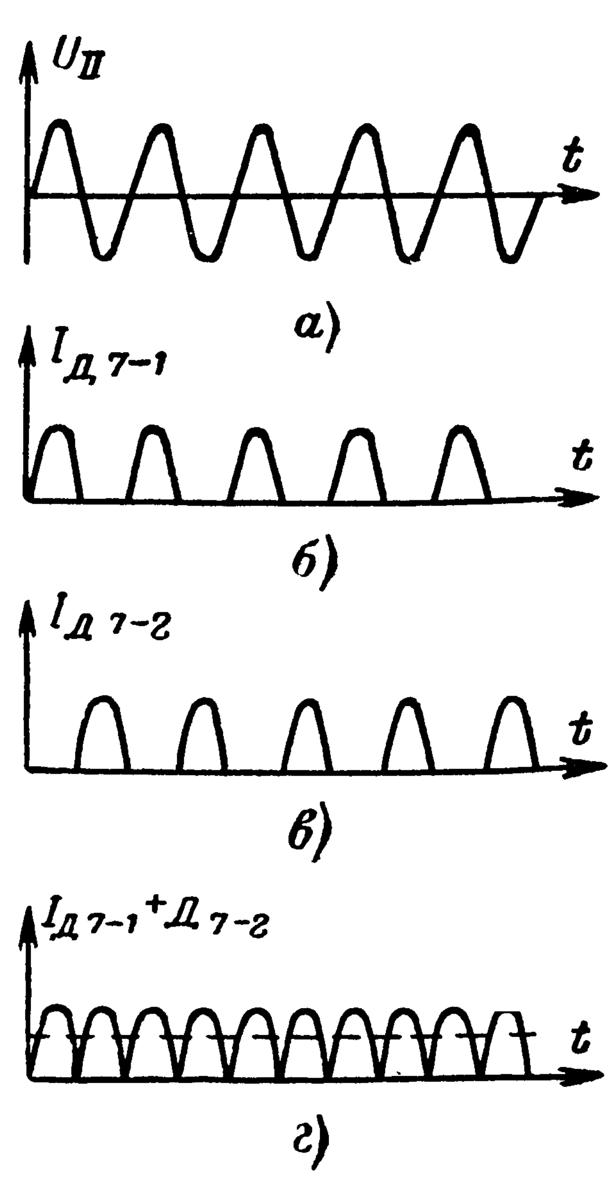


Рис. 20. Графики, иллюстрирующие работу выпрямителя сетевого блока питания.

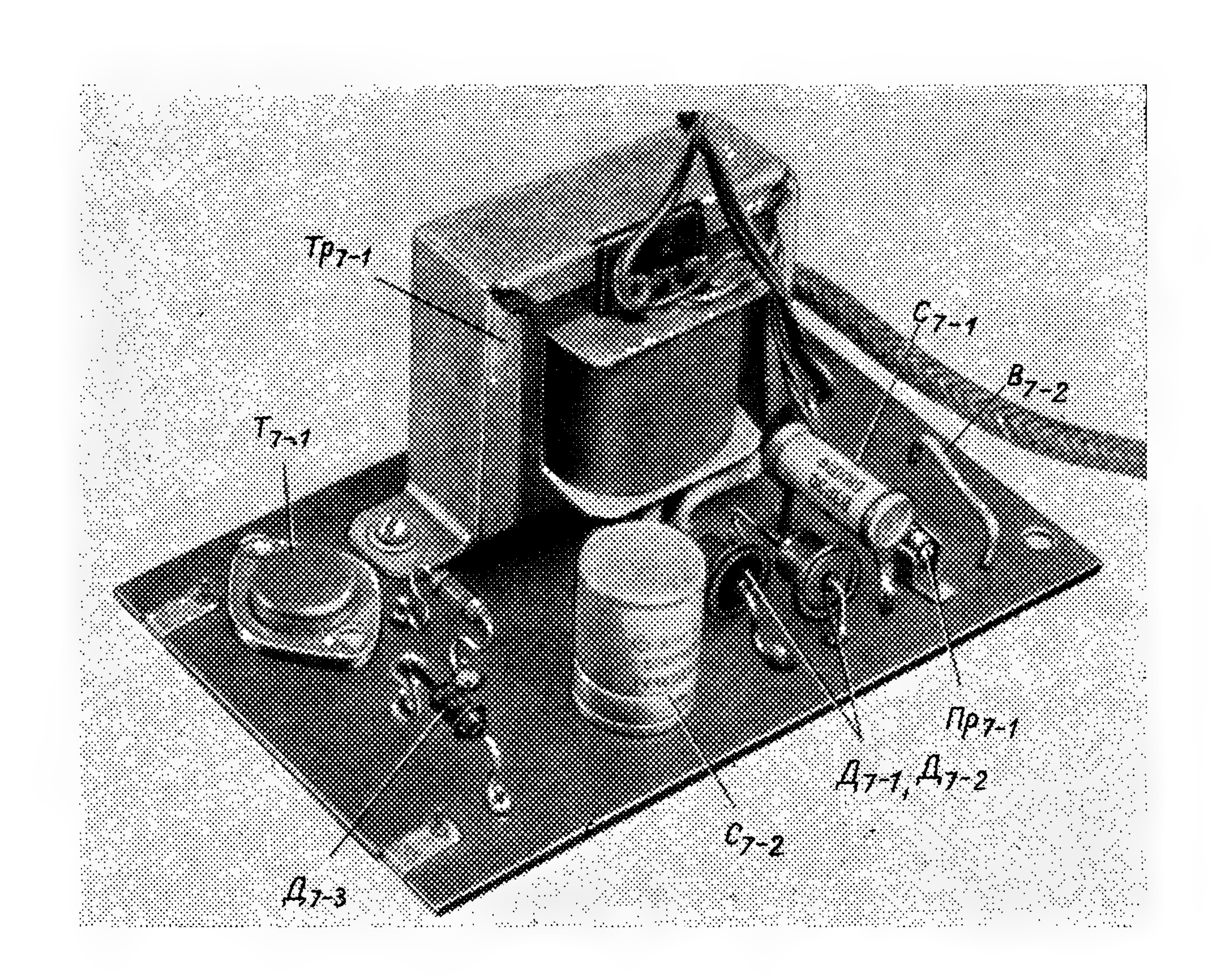
В этой ячейке блока питания используется стабилитрон Д809 с напряжением стабилизации 9 В. Стабилитрон $Д_{7\text{-}3}$ и резистор $R_{7\text{-}1}$ образуют делитель, с которого на базу транзистора подается отрицательное напряжение смещения, открывающее его. Ток выпрямителя течет от точки *2* к точке *1* через цепи блоков приемника (на рис. 19 — показанный штриховыми линиями нагрузочный резистор $R_н$) и открытый транзистор. При изменении тока, потребляемого приемником, изменяется режим работы транзистора, а напряжение на выходе выпрямителя остается практически неизменным.

С таким стабилизатором напряжения фон переменного тока настолько мал, что почти не прослушивается при работе приемника.

Конденсатор $C_{7\text{-}1}$, блокирующий первичную обмотку трансформатора питания, снижает уровень индустриальных помех, проникающих в цепи питания приемника из электроосветительной сети. Поскольку выпрямитель не имеет прямого электрического контакта с сетевой обмоткой трансформатора питания, к приемнику, питаемо-

му от этого блока, можно подключать заземление, что намного улучшит прием.

Конструкция, детали. Внешний вид и схема соединений деталей на монтажной плате показаны на рис. 21. Выходными контактами выпрямителя служат латунные пластинки, которыми плата соединяется с токонесущими проводниками других блоков приемника.



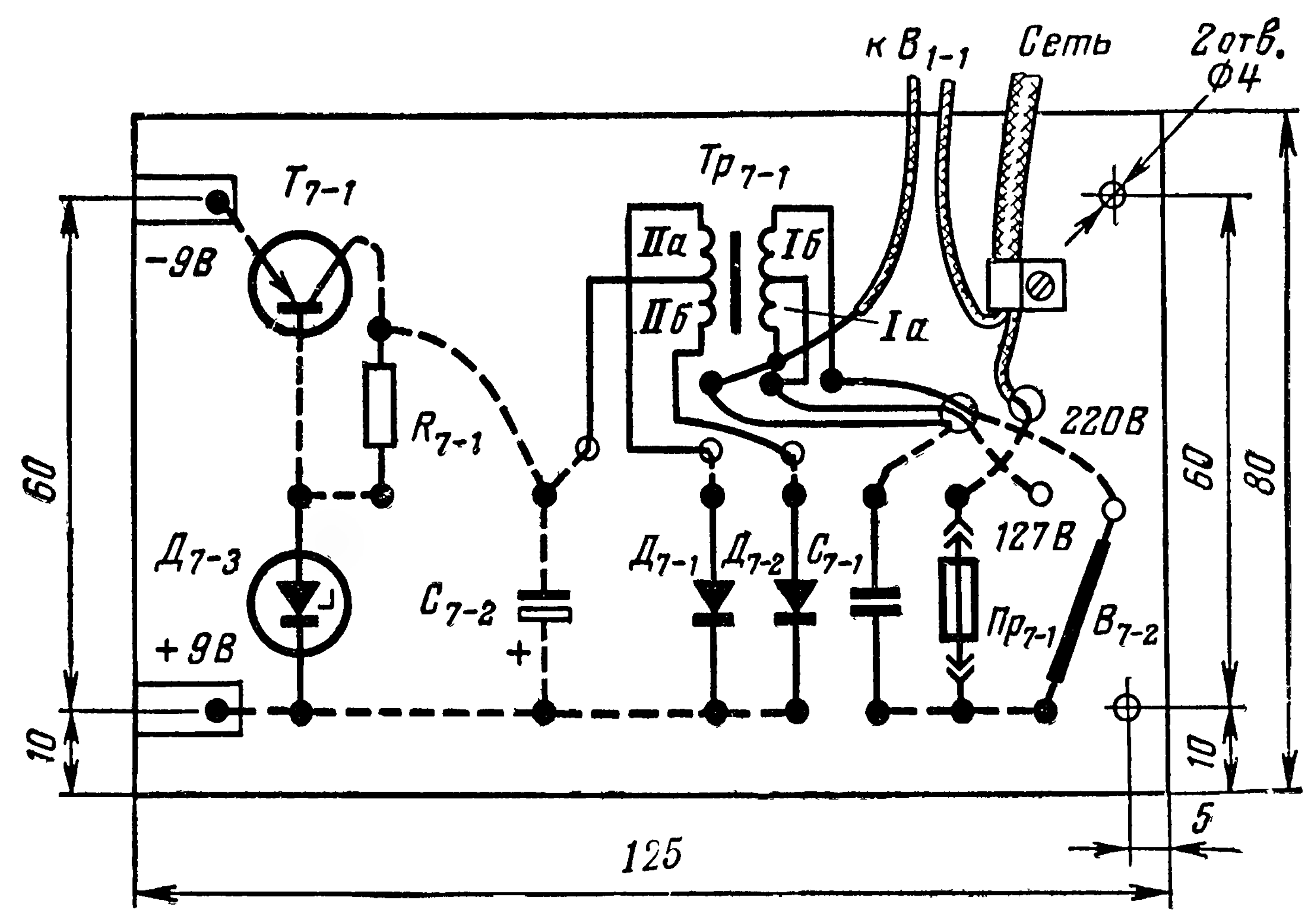


Рис. 21. Внешний вид сетевого блока питания и схема соединений его деталей на монтажной плате.

Трансформатор питания самодельный. Его первичная обмотка двухсекционная: секция *Iа* (см. рис. 19) рассчитана на напряжение сети 127 В, а обе секции (*Iа*+*Iб*) — на напряжение сети 220 В. Переключение первичной обмотки на соответствующее напряжение сети осуществляется переключателем $B_{7\text{-}2}$ (Первичная обмотка трансформатора может быть односекционной, рассчитанной на одно напряжение сети 127 или 220 В. В этом случае переключатель $B_{7\text{-}2}$ не потребуется.) Вторичная обмотка также состоит из двух секций (*IIа* и *IIб*), каждая из которых рассчитана на переменное напряжение 9—10 В.

Для сердечника использованы пластины Ш16, толщина набора пластин 20 мм (площадь сечения среднего керна 3,2 см²). Секция *Iа* сетевой обмотки содержит 1525 витков провода ПЭВ-1 (или ПЭЛ) 0,12, секция *Iб* — 1115 витков такого же провода, каждая секция вторичной обмотки — по 120—125 витков провода ПЭВ-1 (ПЭЛ) 0,36. Между слоями витков сетевой обмотки и между обмотками трансформатора следует делать прокладки из бумажной кальки.

Секции вторичной обмотки желательно наматывать одновременно в два провода, затем начало одной обмотки соединить с концом другой и сделать от этой точки отвод.

В выпрямителе можно использовать любые плоскостные диоды— например серий Д226, Д7, рассчитанные на выпрямленный ток до 300 мА. Электролитический конденсатор $C_{7\text{-}2}$— К50-6 (или КЭГ-2) на рабочее напряжение не менее 10 В; конденсатор $C_{7\text{-}1}$ на рабочее напряжение не менее 400 В; предохранитель $Пр_{7\text{-}1}$ на ток 0,15 А. В качестве выключателя питания $B_{7\text{-}1}$ применен тумблер ТВ2-1, укрепленный на левой боковой стенке корпуса.

В стабилизаторе можно использовать любой транзистор средней или большой мощности, в том числе и устаревшие транзисторы П201, П202, П4. Статический коэффициент передачи тока ($B_{ст}$) транзистора значения не имеет, важно лишь, чтобы он был исправным. Стабилитрон Д809 можно заменить стабилитронами Д810, Д814Б, Д818 с любым буквенным индексом. Переключатель сетевой обмотки $B_{7\text{-}2}$ представляет собой П-образную проволочную скобу с изоляционной трубкой в средней части, которая вставляется в гнезда, запрессованные в отверстия в плате.

Налаживание. Прежде чем включить питание, надо проверить правильность монтажа и особенно полярность включения диодов выпрямителя, электролитического конденсатора и стабилитрона. Убедившись в том, что ошибок нет, можно включить питание и вольтметром измерить напряжение на конденсаторе $C_{7\text{-}2}$; оно должно быть около 12 В. Затем в цепь стабилитрона (на схеме отмечено крестом) включите миллиамперметр и подбором резистора $R_{7\text{-}1}$ установите ток в этой цепи, равный 20—25 мА. Измерьте напряжение на выходе стабилизатора. Оно должно быть примерно равно напряжению на стабилитроне. Затем подключите к выходу блока резистор $R_н$ сопротивлением 55—60 Ом. При этом ток через стабилитрон должен уменьшиться до 8—10 мА, а напряжение на нагрузочном резисторе — остаться почти неизменным.

Не отключая резистор $R_н$, подключите параллельно ему через конденсатор емкостью 0,01—0,05 мкФ головные телефоны. В телефонах может прослушиваться слабый фон переменного тока, который при уменьшении мощности, потребляемой нагрузкой (т. е. при

увеличении сопротивления резистора $R_н$ до 150—200 Ом), становится слабее. Причиной сильного фона может быть недостаточная емкость электролитического конденсатора C_{7-2}. В этом случае его необходимо заменить другим конденсатором или подключить параллельно еще один такой же конденсатор. Фон должен исчезнуть. Снижению фона переменного тока способствует также подключение электролитического конденсатора емкостью 50—100 мкФ параллельно выходу блока питания или параллельно стабилитрону $Д_{7-3}$.

На этом проверка и испытание блока питания заканчиваются.

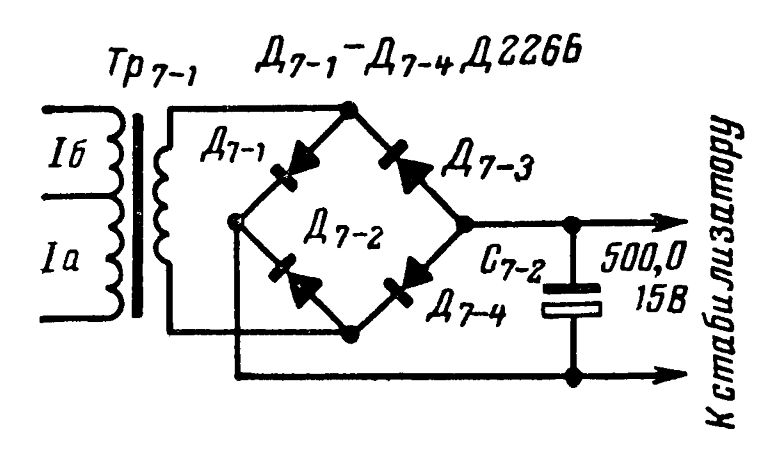


Рис. 22. Схема двухпериодного мостового выпрямителя.

Не забывайте, что в цепи первичной обмотки трансформатора течет переменный ток высокого напряжения. Поэтому будьте осторожны при пользовании этим блоком приемника.

В качестве трансформатора питания можно применить трансформатор ТВК-110 (выходной трансформатор кадровой развертки) от телевизоров «Волна», «Дружба», «Сигнал» и т. п. Первичная обмотка такого трансформатора содержит 3000 витков провода ПЭВ-1 0,12, а две вторичные обмотки — по 146 витков провода ПЭВ 0,25 и 0,47. Первичную обмотку можно использовать в качестве сетевой, а одну из вторичных (ту, которая намотана проводом 0,47) — в качестве понижающей. Однако в этом случае выпрямитель надо будет собрать по мостовой схеме, показанной на рис. 22.

Как работает этот выпрямитель? В те полупериоды, когда напряжение на верхнем (по схеме) выводе обмотки положительное по отношению к нижнему, ток течет через диод $Д_{7-1}$, нагрузку, транзистор стабилизатора и далее через диод $Д_{7-4}$ к нижнему выводу обмотки. Диоды $Д_{7-2}$ и $Д_{7-3}$ в эти моменты времени закрыты. Когда же полярность напряжения на выводах обмоток изменяется на обратную, ток в нагрузке идет в том же направлении, а в выпрямителе — через диоды $Д_{7-2}$ и $Д_{7-3}$. Происходит двухполупериодное выпрямление переменного тока.

Если блок питания рассчитывается на работу с низкочастотными блоками **5** и **6**, в стабилизаторе можно применить маломощный низкочастотный транзистор, например, серии МП39—МП42. Питать от такого выпрямителя приемник с низкочастотным блоком **4** нельзя — транзистор стабилизатора выйдет из строя.

При отсутствии стабилитрона между базой транзистора и плюсовым проводом выпрямителя можно включить резистор сопротивлением 390—470 Ом и еще один электролитический конденсатор емкостью 500 мкФ. Однако стабильность выходного напряжения в этом случае ухудшится.

БАТАРЕЙНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ

Этот вариант блока питания (блок 8), схема и конструкция которого показаны на рис. 23, самый простой. На его монтажной плате с помощью скобы и винтов с гайками М3 закреплены две батареи 3336Л, соединенные последовательно. Напряжение такой батареи — 9 В. В плюсовую цепь этого блока питания включен диод $Д_{8\text{-}1}$, защищающий транзисторы других блоков приемника от повреждения в случае ошибочного подключения батареи. Конденсатор $C_{8\text{-}1}$ шунтирует блок питания по переменному току. Его роль особенно сказывается к концу разряда батареи, когда ее внутреннее сопротивление увеличивается. Из-за этого между каскадами приемника может возникнуть «паразитная» связь, и он возбудится. Конденсатор, пропуская через себя переменный ток, предотвращает это неприятное явление.

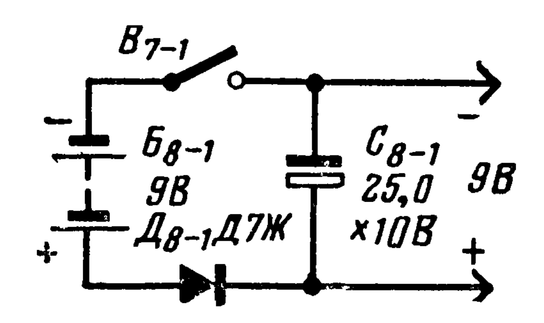
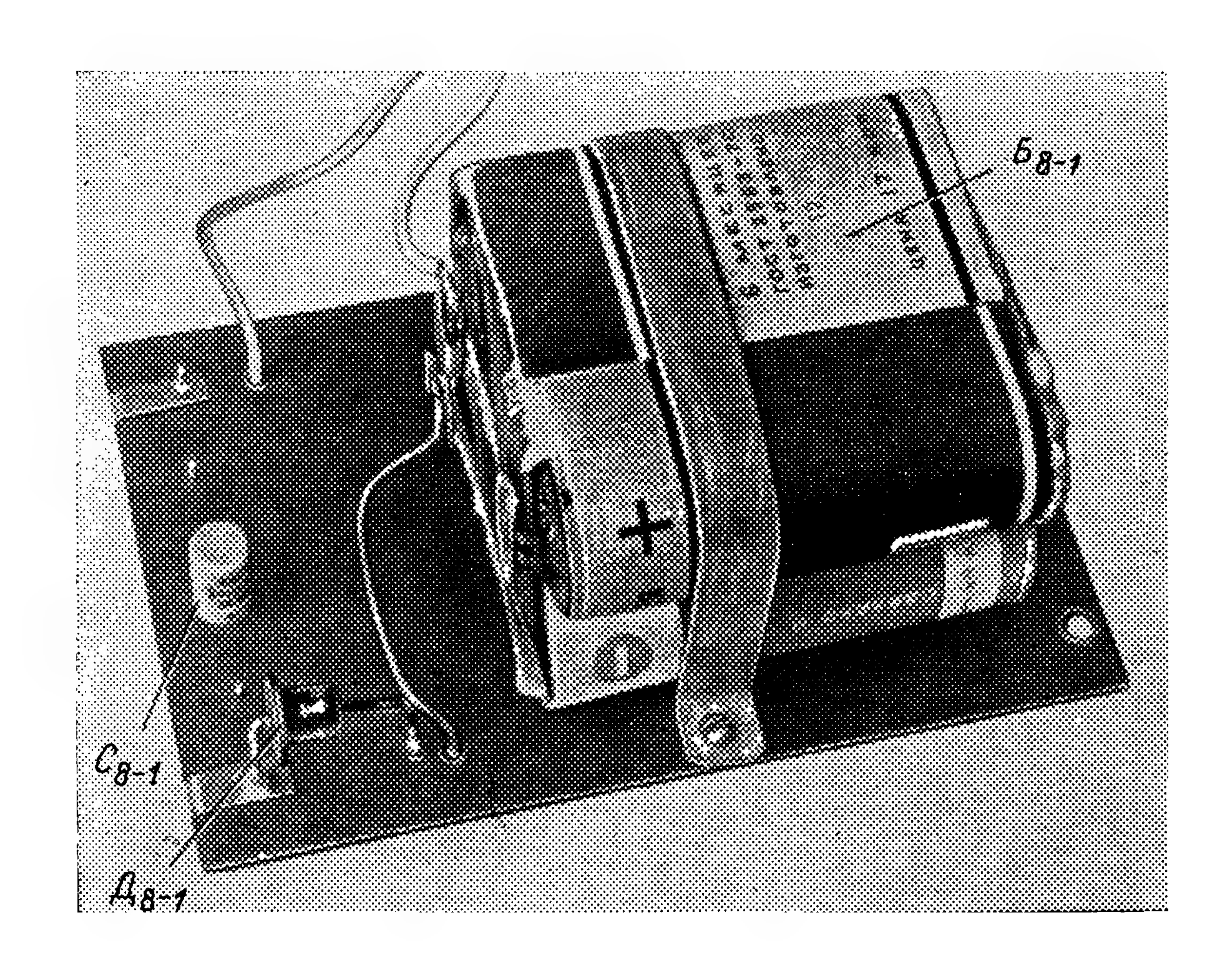


Рис. 23. Принципиальная схема и конструкция батарейного блока питания.



Выключатель $В_{7\text{-}1}$ — тот же, что и в сетевом блоке питания.

Энергии комплекта батарей 3336Л хватает на 35—40 ч непрерывной работы батарейного варианта приемника прямого усиления или супергетеродина. Использовать его для питания приемника с низкочастотным блоком 4, потребляющим гораздо больший ток, нецелесообразно: батареи быстро будут разряжаться, и их придется часто менять.

УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С ОДНОТАКТНЫМ ВЫХОДНЫМ КАСКАДОМ

Принципиальная схема этого блока приемника (блок **4**), который можно использовать и как самостоятельный усилитель низкой частоты для воспроизведения грамзаписи, показана на рис. 24. Его первый каскад на транзисторе $T_{4\text{-}1}$ является усилителем напряжения, второй каскад на транзисторе $T_{4\text{-}2}$ — усилителем тока, третий каскад на транзисторе $T_{4\text{-}3}$ — усилителем мощности колебаний низкой частоты. Все транзисторы работают в режиме А. Выходная мощность усилителя около 0,5 В·А, т. е. почти такая же, как у промышленных приемников IV класса.

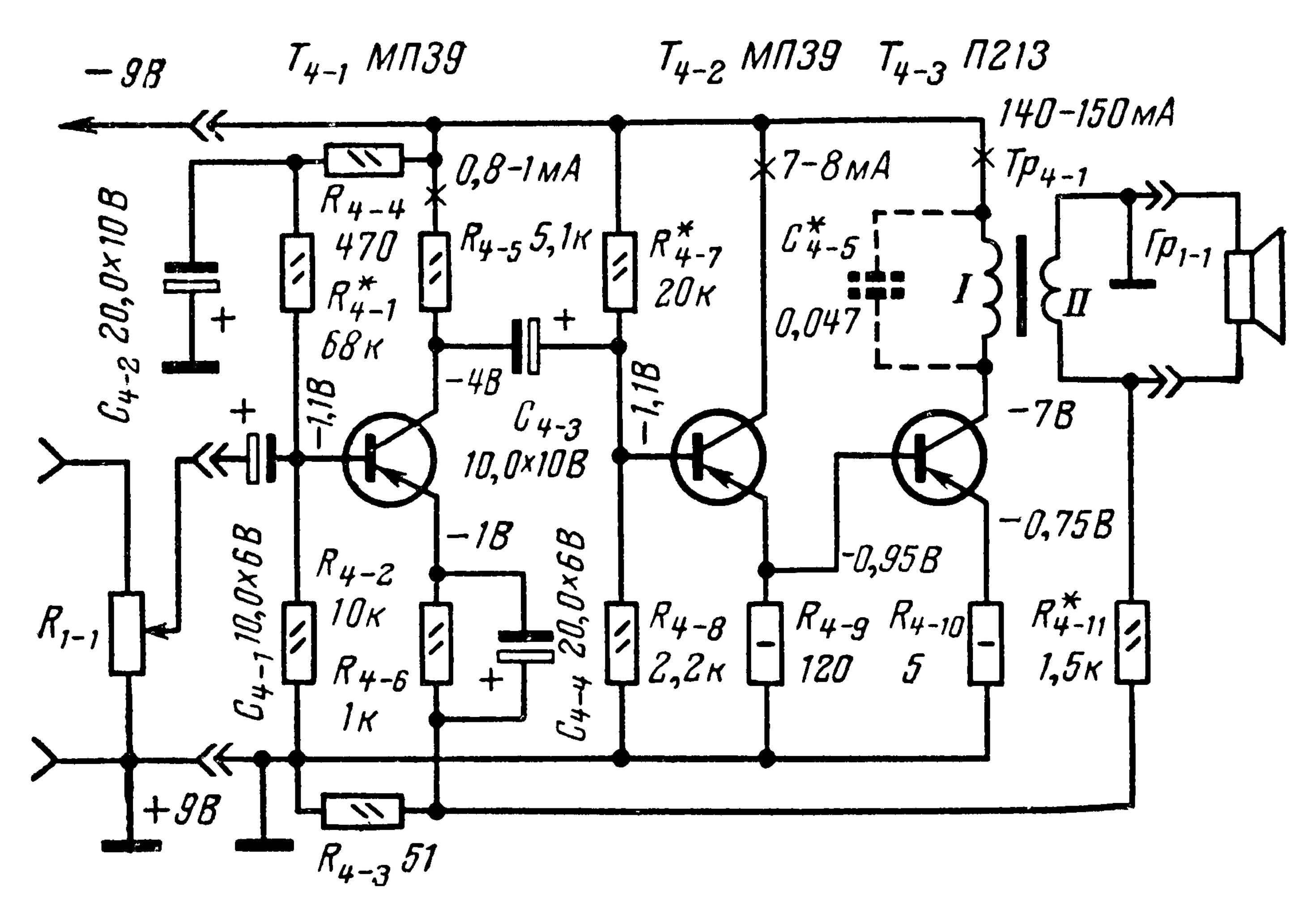


Рис. 24. Принципиальная схема усилителя низкой частоты с однотактным выходным каскадом.

Усилитель рассчитан на работу от сетевого блока питания и потребляет ток до 200 мА. При установке в приемник он соединяется с источником питания и переменным резистором $R_{1\text{-}1}$. Громкоговоритель подключают к штепселям, соединенным со вторичной обмоткой выходного трансформатора $Тр_{4\text{-}1}$.

Переменный резистор $R_{1\text{-}1}$ блока **1**, включенный потенциометром, т. е. делителем напряжения, является регулятором громкости. Напряжение низкой частоты, поступающее на него с детектора высокочастотного блока или от звукоснимателя, через соединительные контакты и конденсатор $C_{4\text{-}1}$ подается на базу транзистора $T_{4\text{-}1}$. Усиленное транзистором напряжение с его коллекторной нагрузки $R_{4\text{-}5}$ через конденсатор $C_{4\text{-}3}$ подается на базу транзистора $T_{4\text{-}2}$. Для лучшего согласования с первым каскадом транзистор $T_{4\text{-}2}$

включен по схеме с общим коллектором. Нагрузкой этого транзистора служит резистор $R_{4\text{-}9}$ в цепи эмиттера. С него низкочастотный сигнал подается непосредственно на базу транзистора $T_{4\text{-}3}$, усиливается им и через выходной трансформатор $Тр_{4\text{-}1}$ поступает на громкоговоритель $Гр_{1\text{-}1}$.

Трансформатор $Тр_{4\text{-}1}$ служит для согласования сравнительно большого выходного сопротивления оконечного каскада с низкоомной звуковой катушкой громкоговорителя.

Резисторы $R_{1\text{-}1}$ и $R_{4\text{-}2}$ образуют делитель напряжения, с которого на базу транзистора $T_{4\text{-}1}$ подается отрицательное напряжение смещения, обеспечивающее транзистору работу в режиме А, а резисторы $R_{4\text{-}6}$ и $R_{4\text{-}3}$ являются элементами, стабилизирующими этот режим. Сопротивления резисторов подобраны таким образом, чтобы при отсутствии сигнала на входе усилителя на базе транзистора (относительно эмиттера) было напряжение смещения минус 0,1 В. При таком напряжении смещения в коллекторной цепи транзистора течет ток покоя 0,8—1 мА.

Режим работы транзисторов второго и третьего каскадов, связь между которыми выбрана непосредственной, определяется делителем напряжения $R_{4\text{-}7}$ $R_{4\text{-}8}$ в базовой цепи транзистора $T_{4\text{-}2}$. С увеличением сопротивления резистора $R_{4\text{-}7}$ коллекторные токи покоя обоих транзисторов уменьшаются, и наоборот.

Резистор $R_{4\text{-}10}$ стабилизирует режим работы транзистора $T_{4\text{-}3}$ оконечного каскада. Но он не шунтирован, как резистор $R_{4\text{-}6}$, конденсатором. В связи с этим возникает отрицательная обратная связь по переменному току, ослабляющая амплитуду усиливаемого сигнала, но одновременно улучшающая качество работы каскада.

Вторую цепь отрицательной обратной связи образует резистор $R_{4\text{-}11}$. Через него напряжение усиленного сигнала, снимаемое со вторичной обмотки входного трансформатора, т. е. с выхода усилителя, подается в цепь эмиттера транзистора $T_{4\text{-}1}$ первого каскада. Охватывая все каскады, она уменьшает искажения, вносимые в сигнал усилителем, улучшая тем самым качество его работы в целом.

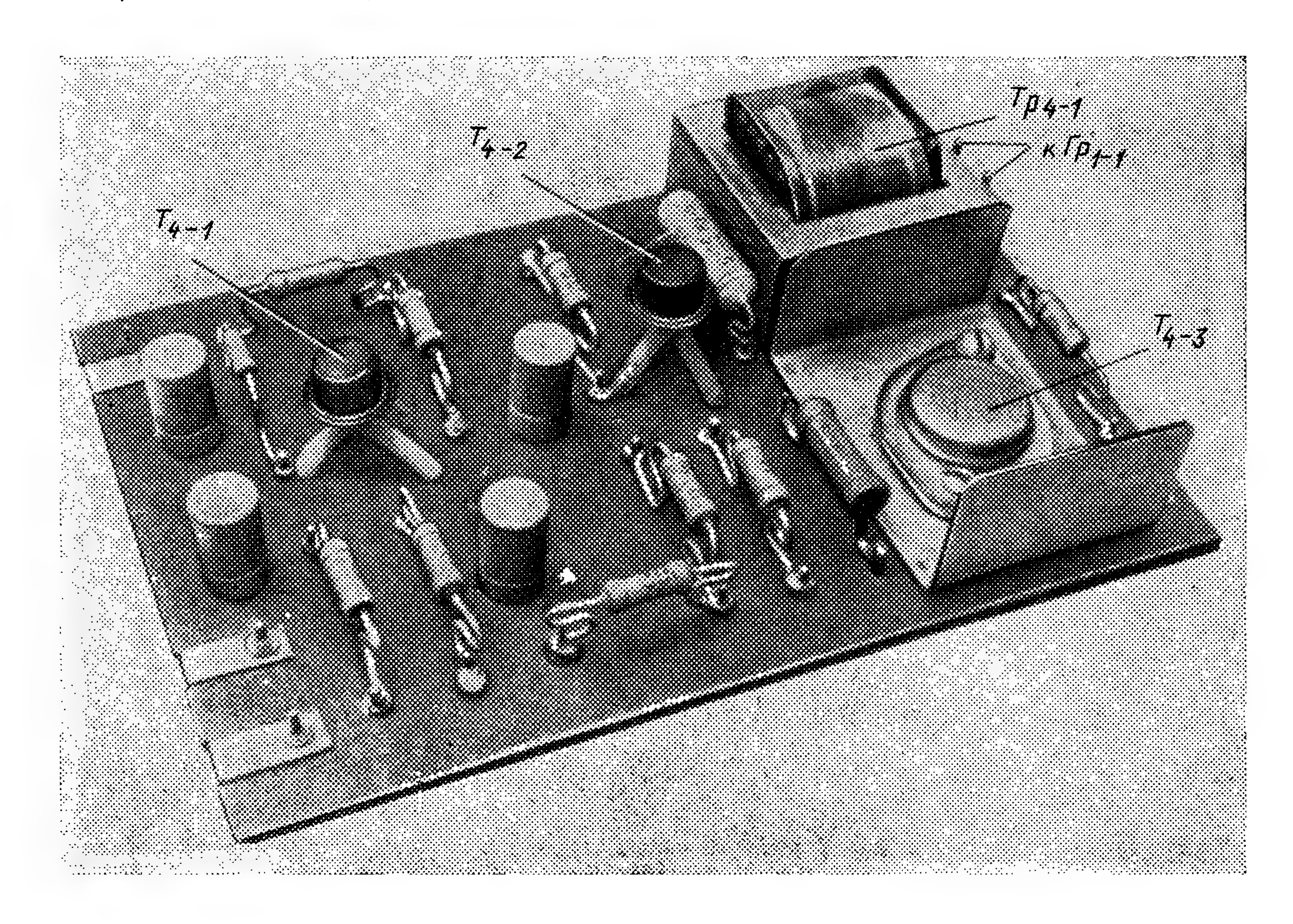
Резистор $R_{4\text{-}4}$ в базовой цепи транзистора $T_{4\text{-}1}$ первого каскада совместно с конденсатором $C_{4\text{-}2}$ образует развязывающий фильтр, предотвращающий самовозбуждение усилителя из-за возможной «паразитной» связи между его выходной и входной цепями через общий источник питания. Причиной такой вредной связи могут быть изменения тока в коллекторной цепи транзистора выходного каскада, являющегося основным потребителем энергии источника питания, с частотой усиливаемого сигнала. При этом с такой же частотой несколько изменяется и напряжение в общей цепи питания транзистора. И если эти колебания напряжения попадут в цепь базы первого транзистора, то усилитель может самовозбудиться. Ячейка $R_{4\text{-}4}$ $C_{4\text{-}2}$ предотвращает это неприятное явление.

Конденсатор $C_{4\text{-}5}$, показанный на схеме штриховыми линиями, необязательный элемент усилителя. Он влияет только на тембр звука.

Детали и конструкция. Вместо транзисторов МП39 ($T_{4\text{-}1}$, $T_{4\text{-}2}$) в усилителе можно использовать транзисторы МП40—МП42, а также аналогичные им транзисторы старых выпусков (П13—П16). В пер-

вом каскаде следует применить транзистор с наибольшим статическим коэффициентом передачи тока $B_{ст}$. Коэффициент передачи тока транзистора второго каскада существенного значения не имеет.

Транзистор П213 можно заменить транзисторами серий П214, П215, а также П602, П605.



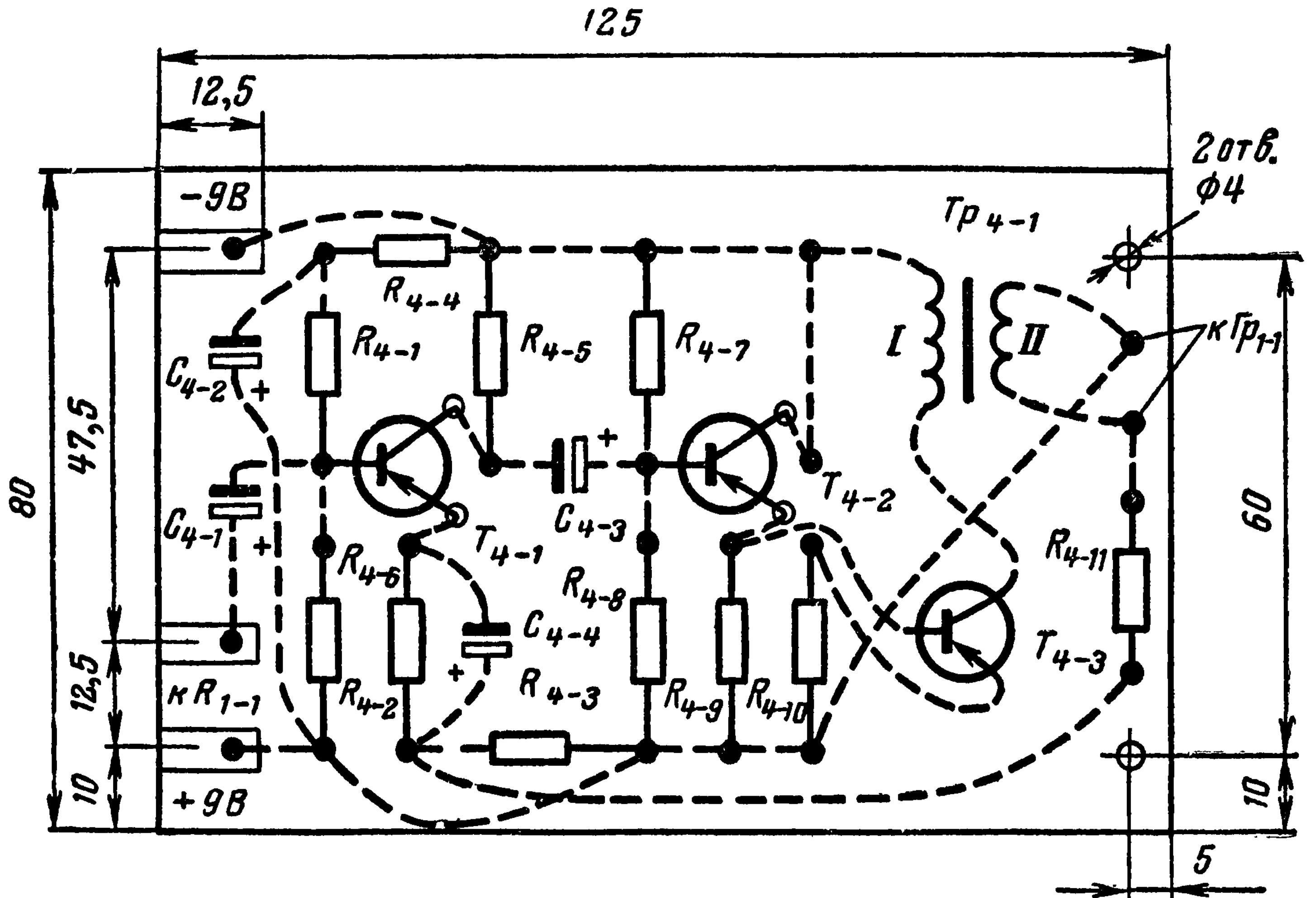


Рис. 25. Внешний вид блока 4 и схема соединений его деталей на монтажной плате.

Транзистор оконечного каскада надо установить на теплоотводе (радиаторе) из медной или алюминиевой пластины толщиной 1—1,5, длиной 80—85 и шириной 28—30 мм, изогнутой наподобие перевернутой буквы П с отверстиями для выводов электродов. Нижней плоскостью корпуса транзистор должен возможно плотнее прилегать к теплоотводу, но не касаться его выводами базы и эмиттера.

Резистор $R_{4\text{-}10}$ должен быть рассчитан на мощность рассеяния не менее 1 Вт. Его можно составить из нескольких резисторов меньшей мощности, соединив их параллельно. В крайнем случае его можно изготовить и самому. Отрезок нихромовой или константановой проволоки диаметром 0,1—0,12 мм, обладающий сопротивлением 5 Ом, наматывают на корпус резистора типа МЛТ и припаивают к его выводам.

Выходной трансформатор — самодельный. Его данные: сердечник из пластин Ш10, толщина набора — 15 мм (площадь сечения среднего керна 1,5 см^2), обмотка *I* содержит 500 витков провода ПЭВ-1 0,2, обмотка *II* — 90 витков провода ПЭВ-1 0,7. При сборке между Ш-образными и замыкающими пластинами оставлен небольшой зазор — проложена полоска плотной бумаги (например, от обложки тетради). Этот зазор нужен для того, чтобы уменьшить подмагничивание сердечника постоянной составляющей коллекторного тока транзистора $T_{4\text{-}3}$.

Внешний вид и монтажная схема блока показаны на рис. 25. Он имеет три контакта: два крайних служат для соединения с блоком питания, средний — с движком резистора $R_{1\text{-}1}$.

Налаживание. Прежде всего сверьте монтаж усилителя с его принципиальной схемой — нет ли ошибок? Затем, временно соединив проводниками усилитель с блоком питания, измерьте токи коллекторов транзисторов, начиная с транзистора выходного каскада. На это время резистор $R_{4\text{-}3}$ замкните накоротко, чтобы исключить влияние цепи обратной связи.

Места включения миллиамперметра в коллекторные цепи транзисторов на принципиальной схеме обозначены крестиками. Необходимые коллекторные токи транзисторов $T_{4\text{-}2}$ и $T_{4\text{-}3}$ устанавливайте подбором резистора $R_{4\text{-}7}$, коллекторный ток транзистора $T_{4\text{-}1}$ — подбором резистора $R_{4\text{-}1}$. Так, например, для уменьшения коллекторного тока транзистора $T_{4\text{-}1}$ сопротивление резистора $R_{4\text{-}1}$ надо увеличить и, наоборот, уменьшить, если коллекторный ток надо увеличить.

Устанавливать коллекторный ток транзистора удобно с помощью переменного резистора (рис. 26), временно включенного в его базовую цепь. Сопротивление этого резистора должно быть в 2—3 раза больше сопротивления верхнего (по схеме) резистора делителя напряжения. Последовательно с ним обязательно включите резистор сопротивлением 3—5 кОм, ограничивающий ток базы при случайной установке движка переменного резистора в верхнее (по схеме) положение. Плавно изменяя сопротивление переменного резистора, установите необходимый ток коллектора. Затем отключите эти резисторы от цепей питания, измерьте омметром их суммарное сопротивление и впаяйте в делитель напряжения постоянный резистор такого же (или ближайшего к нему) номинала.

Чтобы проверить качество работы усилителя, к его входу через переменный резистор $R_{1\text{-}1}$ можно подключить звукосниматель (на

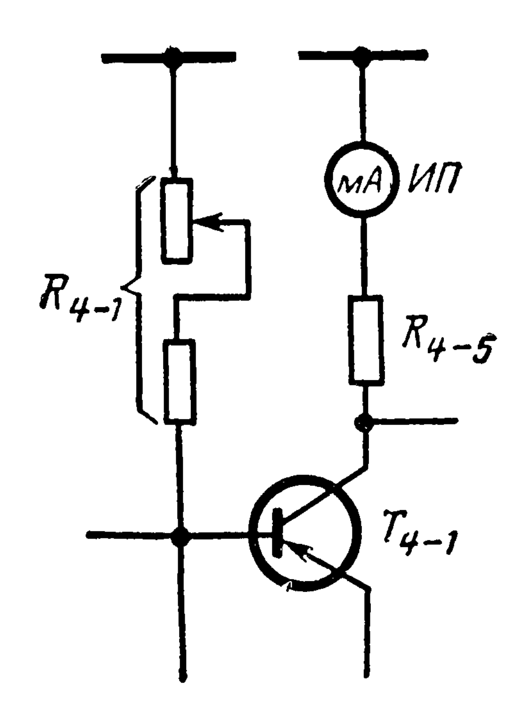


Рис. 26. Схема подгонки режима работы транзистора с помощью переменного резистора.

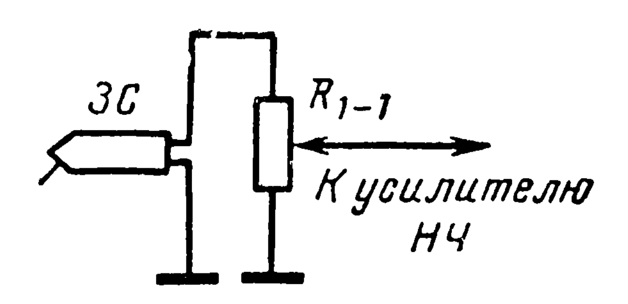
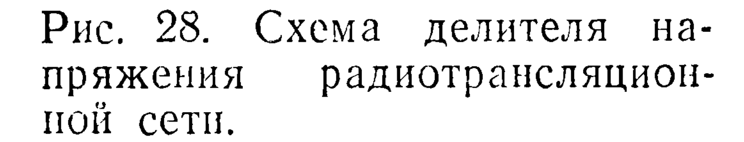


Рис. 27. Схема подключения звукоснимателя ко входу усилителя.



→

Рис. 28. Схема делителя напряжения радиотрансляционной сети.

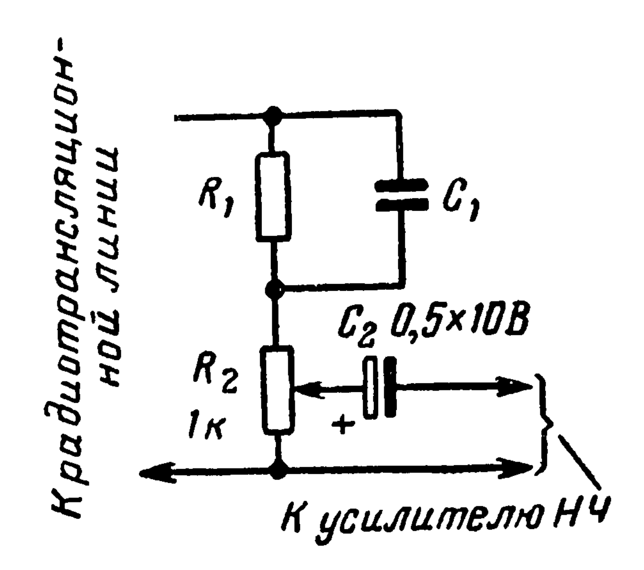


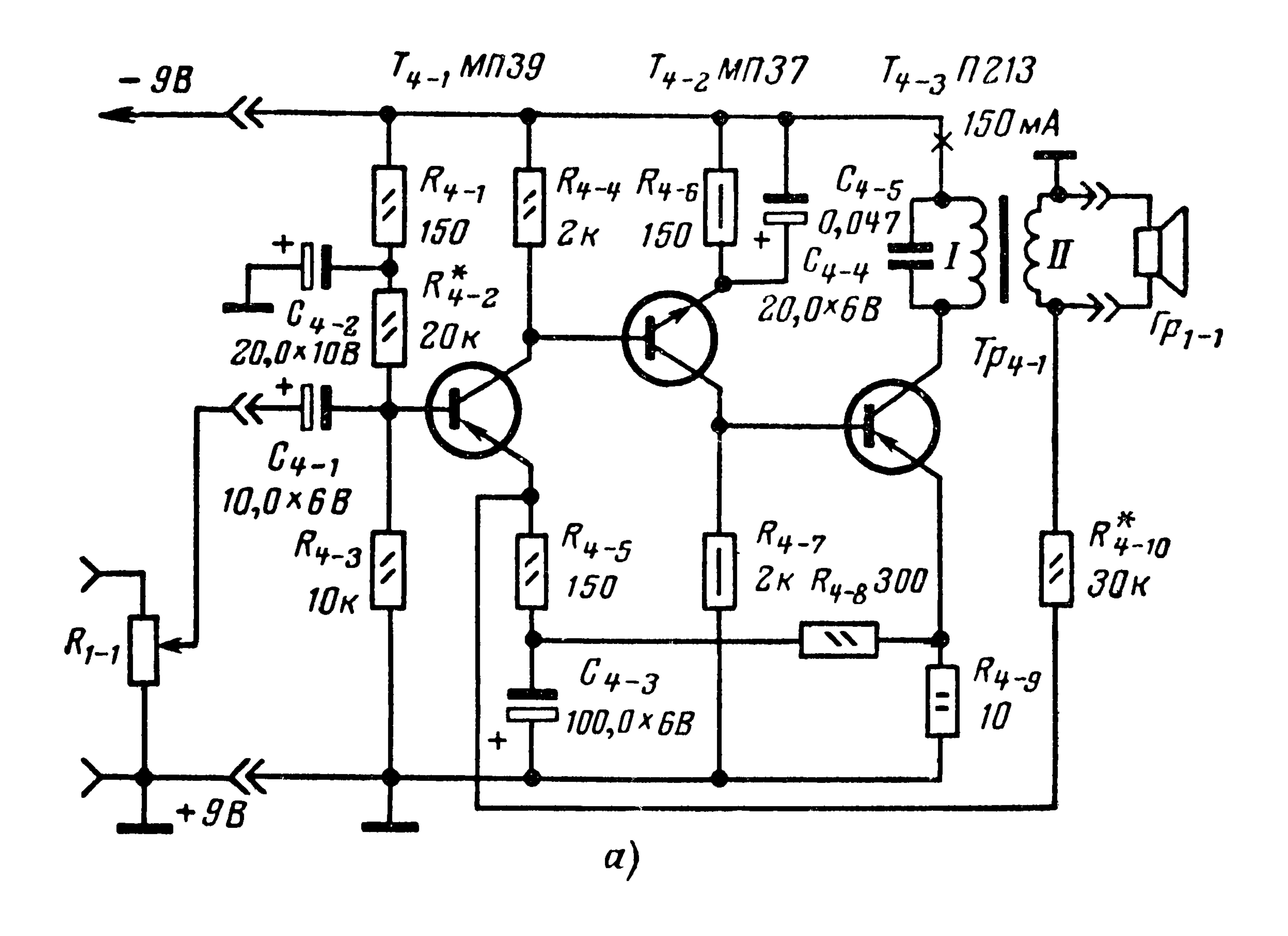
рис. 27—*ЗС* и проиграть грампластинку с записью музыки. Звук должен быть громким, хотя и несколько искаженным. После восстановления цепи обратной связи уровень громкости немного снизится, а искажения уменьшатся.

Может случиться, что после восстановления цепи обратной связи усилитель самовозбудится — из громкоговорителя будет слышен непрерывный звук низкого или высокого тона. Так бывает, если между выходом и входом усилителя создается не отрицательная, а положительная обратная связь, в результате чего усилитель становится генератором колебаний низкой частоты. Для устранения этого явления надо лишь поменять местами проводники, идущие ко вторичной обмотке выходного трансформатора от общего провода усилителя (корпуса) и резистора $R_{4\text{-}11}$ (см. рис. 24).

Для налаживания усилителя можно также воспользоваться радиотрансляционной сетью. Сигнал радиосети подают на вход усилителя через делитель напряжения, как показано на рис. 28. Для радиотрансляционных линий напряжением 15 В (в крупных городах) сопротивление резистора R_1 должно быть равно 150 кОм, емкость конденсатора C_1 — 10 пФ, а для сети напряжением 30 В — соответственно 300 кОм и 51 пФ. При перемещении движка переменного резистора R_2 снизу (по схеме) вверх напряжение звуковой частоты на входе усилителя будет изменяться от нуля до 0,1—0,2 В. Подгоняя режимы транзисторов резисторами $R_{4\text{-}1}$ и $R_{4\text{-}7}$, добивайтесь громкой и неискаженной работы усилителя.

Предупреждение: подавать на вход усилителя полное напряжение радиосети (без делителя) нельзя — первые два транзистора могут выйти из строя.

Какие изменения и дополнения можно внести в этот блок приемника?



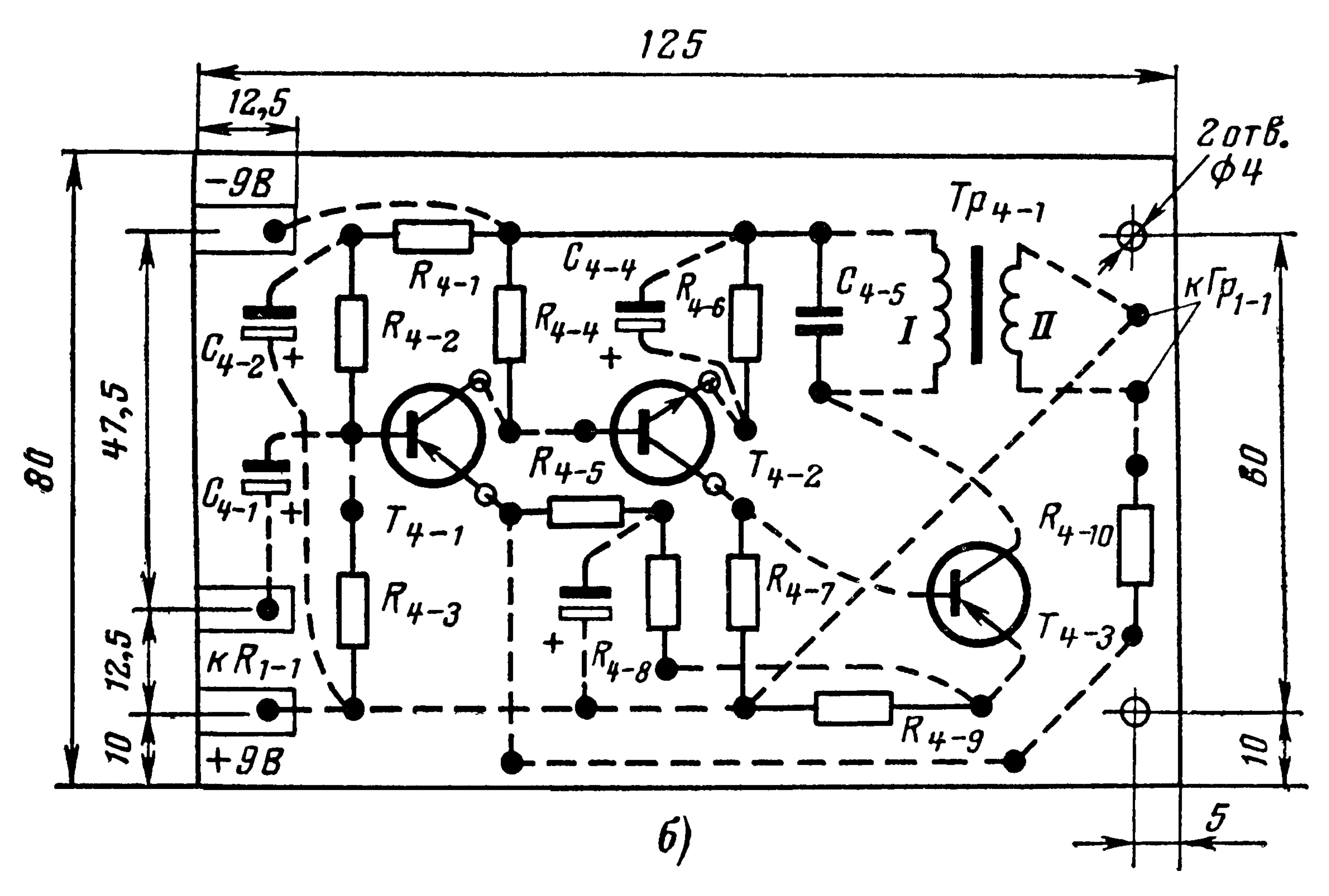


Рис. 29. Принципиальная схема варианта блока 4 на транзисторах разных структур и схема соединения его деталей на монтажной плате.

Если не окажется транзистора большой мощности, в выходной каскад можно поставить низкочастотный транзистор малой мощности, например МП42, с коэффициентом $B_{ст}$ 40—60. В этом случае резистор R_{4-9} надо будет заменить резистором сопротивлением 1—1,5 кОм, а резистор R_{4-10} исключить. Коллекторный ток покоя транзистора в этом случае должен быть равен 8—10 мА. Однако с таким транзистором в оконечном каскаде выходная мощность усилителя не превысит 60—80 мВ·А и громкоговоритель будет звучать тише.

Питать усилитель или приемник с таким усилителем низкой частоты можно от батарейного блока питания.

Во втором каскаде усилителя можно использовать транзистор структуры *n-p-n* (МП35—МП38 с любым буквенным индексом). Возможная схема блока с таким транзистором показана на рис. 29, *а*. Первый каскад на транзисторе T_{4-1} почти такой же, как в первом варианте блока. Усиленный им сигнал, снимаемый с резистора R_{4-4}, подается непосредственно на базу транзистора T_{4-2} структуры *n-p-n*, работающего во втором каскаде. Через этот же резистор на базу транзистора второго каскада подается положительное напряжение смещения. Резистор R_{4-6} является элементом термостабилизации режима работы транзистора, а конденсатор C_{4-4} устраняет отрицательную обратную связь по переменному току.

Резистор R_{4-7} выполняет роль коллекторной нагрузки транзистора этого каскада. С него усиленный сигнал поступает непосредственно на базу транзистора T_{4-3} оконечного каскада. С этого же резистора на базу транзистора подается и отрицательное (относительно его эмиттера) напряжение смещения, открывающее транзистор. Термостабилизация режима работы этого каскада осуществляется резистором R_{4-9}. Создающееся на нем при протекании эмиттерного тока напряжение через резистор R_{4-8} подается в цепь эмиттера транзистора T_{4-1}, создавая отрицательную обратную связь по току между транзисторами выходного и входного каскадов. По переменному току резисторы R_{4-8} и R_{4-9} зашунтированы электролитическим конденсатором C_{4-3}.

Резистор R_{4-10} образует вторую цепь отрицательной обратной связи между выходом и входом усилителя. С уменьшением сопротивления этого резистора глубина отрицательной обратной связи увеличивается, общее усиление несколько уменьшается, а качество работы блока улучшается.

Непосредственные связи между каскадами — наиболее характерная особенность этого усилителя. При таком способе межкаскадных связей режимы работы всех транзисторов взаимосвязаны и устанавливаются подбором лишь одного резистора — резистора R_{4-2} в базовой цепи транзистора T_{4-1}.

Примерная схема соединений деталей блока на монтажной плате показана на рис. 29, *б*. Выходной трансформатор $Тр_{4-1}$ — такой же, как в усилителе первого варианта. Налаживая усилитель, надо подобрать резистор R_{4-2} так, чтобы коллекторный ток транзистора T_{4-3} был в пределах 150—160 мА. При этом на эмиттере выходного транзистора относительно «заземленного» проводника будет напряже-

ние около 1,5 В, на его базе относительно эмиттера—около 0,3 В, а на базах транзисторов T_{4-1} и T_{4-2} относительно их эмиттеров 0,1—0,15 В.

Качество работы усилителя проверяют, проигрывая грампластинку или подавая на вход низкочастотный сигнал от радиотрансляционной сети (через делитель напряжения по схеме на рис. 28).

Если низкочастотный блок приемника предполагается использовать для воспроизведения грамзаписи, то необходимо предусмотреть гнезда для подключения звукоснимателя электропроигрывающего устройства. Их можно установить на угольнике, укрепленном на нижней стенке корпуса между опорными шпильками монтажной платы этого блока или на панели блока 1. Гнезда соедините непосредственно с крайними выводами переменного резистора R_{1-1}. Этот резистор, как и в приемнике, будет выполнять роль регулятора громкости при воспроизведении грамзаписи. При вращении ручки резистора в направлении движения часовой стрелки громкость звука должна плавно нарастать. Если, наоборот, громкость уменьшается, то необходимо поменять местами проводники, идущие к крайним выводам резистора R_{1-1}.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ БЛОК ПРИЕМНИКА ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

Принципиальная схема этого блока (блока 2) показана на рис. 30. Он представляет собой двухкаскадный усилитель колебаний высокой частоты с диодным детектором. Через контакты сборочной планки блок соединяется с деталями входной цепи и переменным

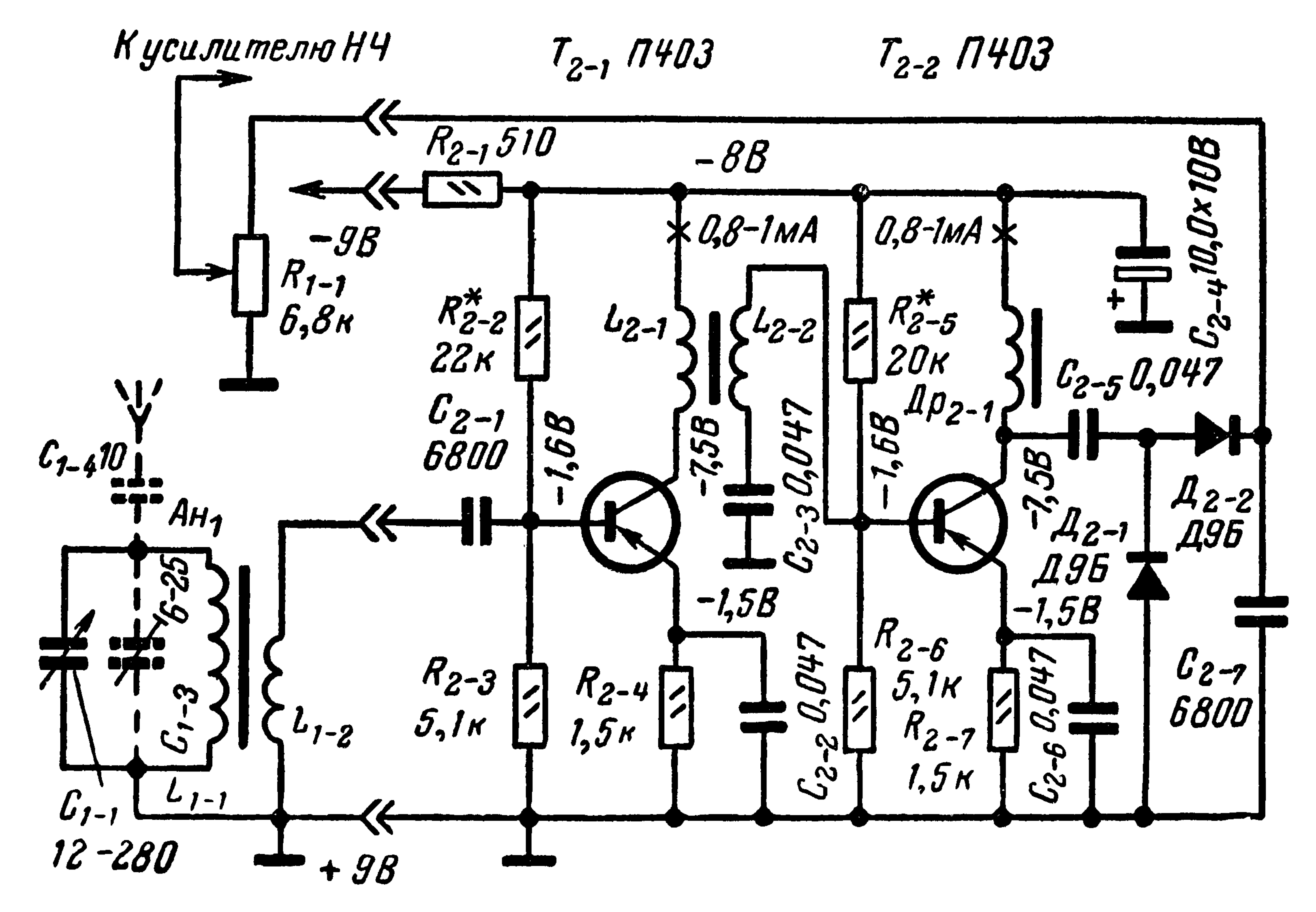


Рис. 30. Принципиальная схема блока 2.

резистором $R_{1\text{-}1}$ (левая часть схемы на рис. 30), входящими в блок **1**, и с блоком питания (блок **7** или **8**). Движок резистора $R_{1\text{-}1}$, являющегося нагрузкой детектора и регулятором громкости, соединяется с входным контактом усилителя низкой частоты (блоком **4**, **5** или **6**). Вместе с блоками **1** и **4** (**5** или **6**) этот блок образует приемник прямого усиления по схеме 2-V-3, т. е. приемник, содержащий два каскада усиления модулированных колебаний высокой частоты (цифра 2), детектор (латинская буква V) и три каскада усиления колебаний низкой частоты (цифра 3).

Высокочастотный модулированный сигнал с контура $L_{1\text{-}1}$ $C_{1\text{-}1}$ $C_{1\text{-}3}$ магнитной антенны $Ан_1$ через катушку связи $L_{1\text{-}2}$, переходные контакты и конденсатор $C_{2\text{-}1}$ подается на базу транзистора $T_{2\text{-}1}$ первого каскада усилителя. Напряжение сигнала, усиленное этим каскадом, выделяется на катушке $L_{2\text{-}1}$ и через катушку связи $L_{2\text{-}2}$ поступает на базу транзистора $T_{2\text{-}2}$ второго каскада. Коллекторной нагрузкой транзистора $T_{2\text{-}2}$ является высокочастотный дроссель $Др_{2\text{-}1}$. Создающееся на нем напряжение высокочастотного сигнала через конденсатор $C_{2\text{-}5}$ подается на вход детекторного каскада, собранного на диодах $Д_{2\text{-}1}$ и $Д_{2\text{-}2}$ по схеме удвоения напряжения. По сравнению с однодиодным такой детектор значительно повышает уровень громкости приемника. Конденсатор $C_{2\text{-}5}$ разделяет по постоянному току коллекторную цепь транзистора $T_{2\text{-}2}$ и детектор.

Нагрузкой детектора служит переменный резистор $R_{1\text{-}1}$. С его движка колебания звуковой частоты подаются на вход усилителя низкой частоты. Конденсатор $C_{2\text{-}7}$, включенный параллельно резистору $R_{1\text{-}1}$, замыкает цепь высокочастотной составляющей продетектированного сигнала в обход резистора, что улучшает работу детектора. Не будь его, приемник звучал бы тише.

Оба транзистора усилителя включены по схеме с общим эмиттером. Устойчивый режим работы транзисторов по постоянному току обеспечивают делители напряжения $R_{2\text{-}2}R_{2\text{-}3}$ и $R_{2\text{-}5}R_{2\text{-}6}$ в их базовых цепях и резисторы $R_{2\text{-}4}$ и $R_{2\text{-}7}$ в эмиттерных цепях. Необходимый режим работы первого транзистора устанавливают подбором резистора $R_{2\text{-}2}$, второго — подбором резистора $R_{2\text{-}5}$.

Конденсаторы $C_{2\text{-}2}$ и $C_{2\text{-}6}$, шунтирующие резисторы $R_{2\text{-}4}$ и $R_{2\text{-}7}$, устраняют отрицательные обратные связи по переменному току соответственно в первом и втором каскадах. Резистор $R_{2\text{-}1}$ и конденсатор $C_{2\text{-}4}$ образуют развязывающий фильтр, предотвращающий «паразитную» связь между каскадами этого блока и усилителем низкой частоты через общий источник питания приемника.

Катушки $L_{1\text{-}1}$ и $L_{1\text{-}2}$ магнитной антенны образуют высокочастотный трансформатор. А так как первая из них содержит значительно большее число витков, чем вторая, то этот трансформатор понижающий. Следовательно, на базу транзистора первого каскада подается не все напряжение высокочастотного сигнала, создающееся во входном контуре, а только часть его. Значительная же часть принятой высокочастотной энергии бесполезно теряется в контуре магнитной антенны.

Нельзя ли контур магнитной антенны подключить непосредственно ко входу усилителя высокой частоты, минуя катушку связи L_{1-2}? В принципе можно, но так не делают. Дело в том, что резонансное сопротивление входного контура приемника, т. е. его сопротивление при настройке на сигнал принимаемой станции, составляет сотни килоом, а входное сопротивление усилителя, в котором транзистор включен по схеме с общим эмиттером, не превышает 1 кОм. И если контур подключить непосредственно ко входу усилителя, то относительно малое входное сопротивление транзистора будет сильно шунтировать контур, в результате чего его избирательные свойства окажутся очень низкими.

Катушка связи L_{1-2} согласует большое резонансное сопротивление контура $L_{1-1}C_{1-1}C_{1-3}$ с относительно малым входным сопротивлением транзисторного усилителя, поэтому ее часто называют согласующей катушкой. Наивыгоднейшую связь контура с усилителем устанавливают подбором числа витков катушки связи и расстояния между нею и катушкой L_{1-1}.

Катушки L_{2-1} и L_{2-2} тоже образуют трансформатор высокой частоты. Здесь он согласует относительно большое выходное сопротивление первого каскада усилителя с малым входным сопротивлением второго каскада усилителя.

Детали. Емкости всех конденсаторов, кроме конденсатора C_{2-7}, могут быть значительно больше указанных на схеме. Увеличивать емкость конденсатора C_{2-7} более чем до 0,01 мкФ не стоит, так как при этом будут ослабляться («срезаться») высшие частоты звукового диапазона.

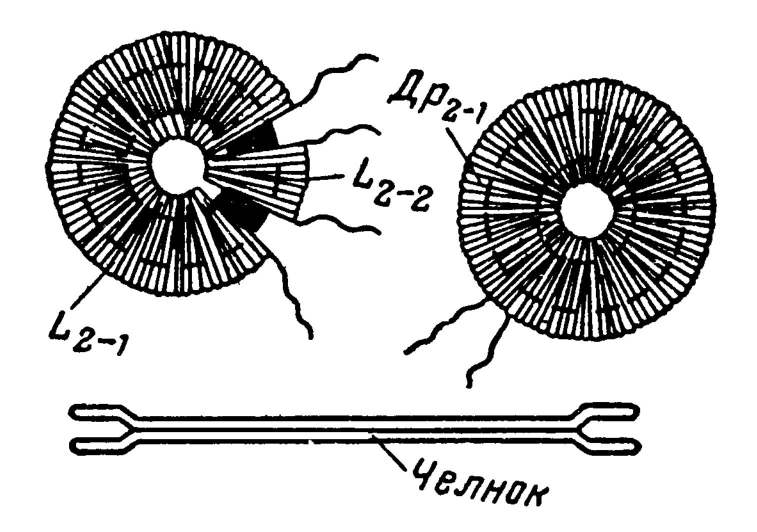
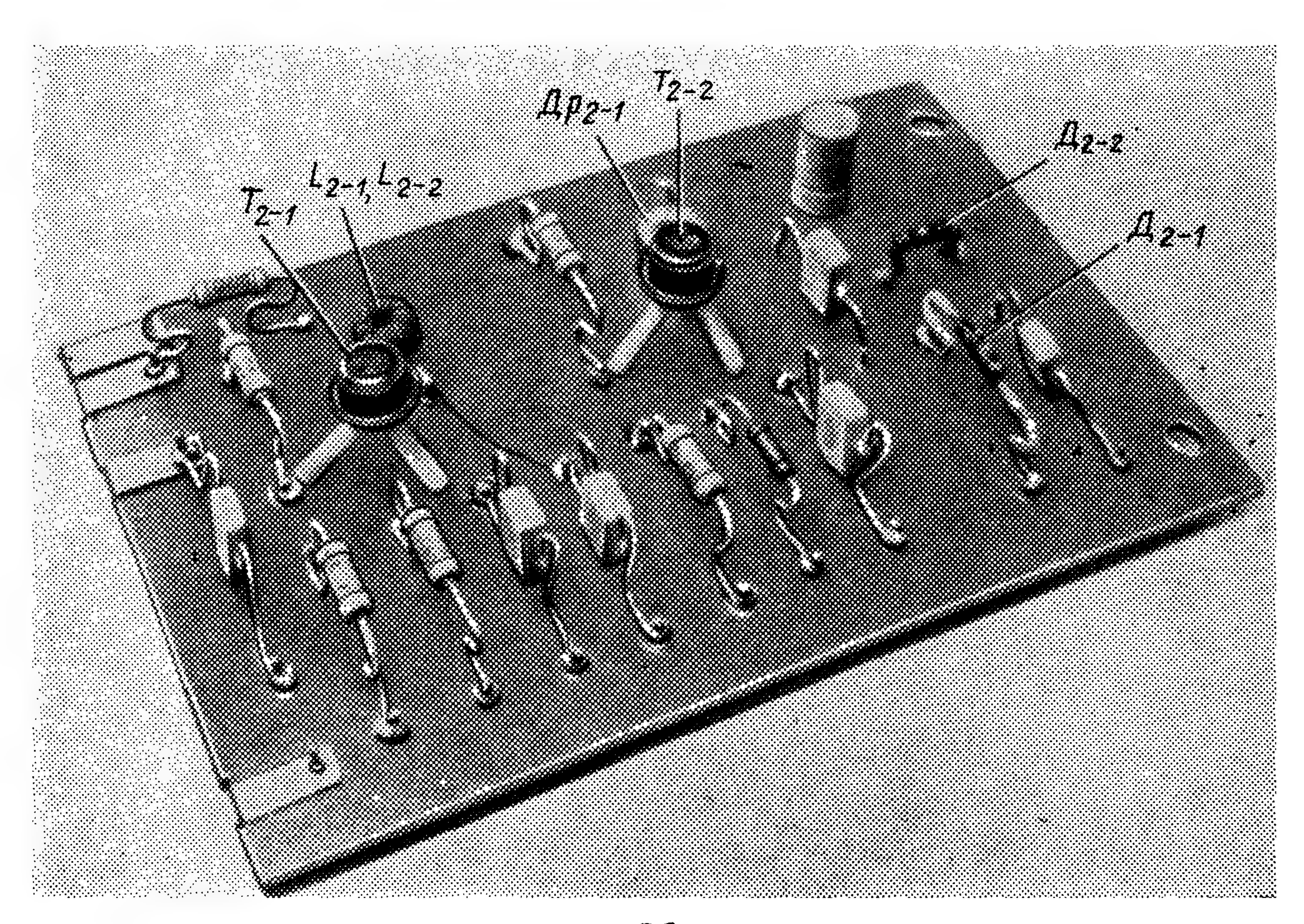


Рис. 31. Катушки L_{2-1} и L_{2-2}, дроссель $Др_{2-1}$ и проволочный челнок для их намотки.

В детекторном каскаде можно использовать любые однотипные точечные диоды. Транзисторы П403 можно заменить аналогичными им высокочастотными транзисторами П401, П402, П422, П423, П416 с коэффициентом $B_{ст}=60—100$. Тот из транзисторов, у которого коэффициент $B_{ст}$ больше, следует ставить в первый каскад.

Катушки L_{2-1} и L_{2-2} и высокочастотный дроссель $Др_{2-1}$ намотаны проводом ПЭВ-1 (или ПЭЛ) 0,08—0,1 на ферритовых кольцах марки 600НН с внешним диаметром 8,5 и высотой 2 мм (рис. 31). Катушка L_{2-1} содержит 250, катушка L_{2-2} — 100, дроссель $Др_{2-1}$ — 250 витков. Перед намоткой острые кромки колец необходимо скруглить наждачной шкуркой или надфилем, иначе при намотке можно повредить изоляцию провода.

Для удобства намотки провода на кольца используйте проволочный челнок (рис. 31) — два отрезка медной миллиметровой проволоки длиной 25—30 мм, спаянные вместе. Челнок и особенно концы его вилок следует зачистить мелкой наждачной бумагой, чтобы не попортить изоляцию провода. На челнок наматывайте провод такой длины, чтобы его хватило на всю катушку или дроссель. Пропуская его в отверстие ферритового кольца, следите за тем, чтобы на прово-



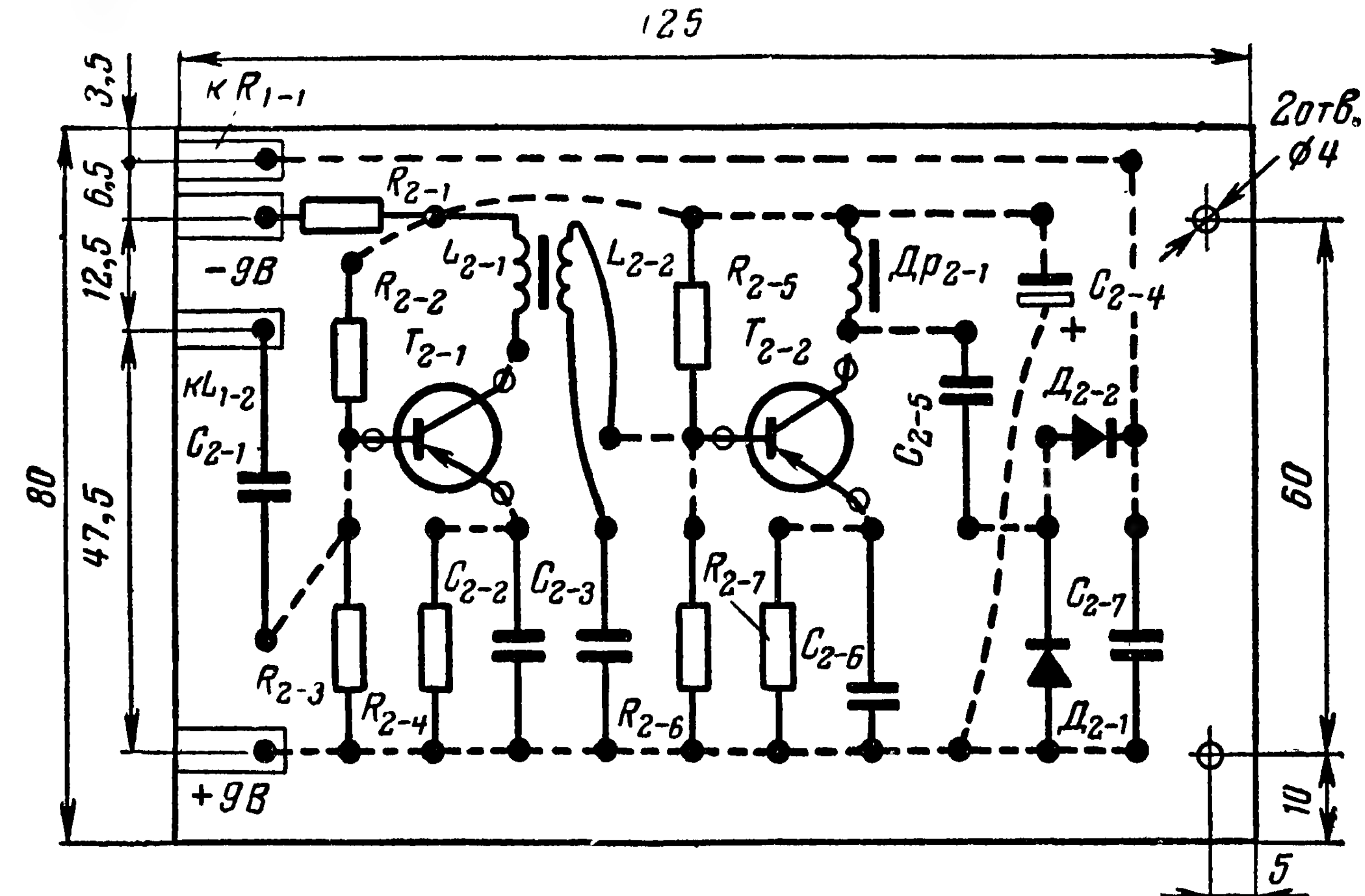


Рис. 32. Внешний вид блока 2 и схема размещения и соединений его деталей на монтажной плате.

де не образовывались петли. Витки старайтесь укладывать плотно один к другому.

Внешний вид блока и схема соединений его деталей на монтажной плате показаны на рис. 32. Трансформатор L_{2-1} L_{2-2} и дроссель $Др_{2-1}$ приклеены непосредственно к плате клеем БФ-2. Первым снизу (по рис. 32) и третьим контактами блок через сборочную планку соединяется с блоком питания, вторым — с катушкой связи L_{1-2}, четвертым — с переменным резистором R_{1-1}.

Налаживание. Приступая к налаживанию блока, соедините его временно проводниками с любым блоком питания, измерьте и, если необходимо, установите коллекторные токи транзисторов подбором резисторов R_{2-2} и R_{2-5}. Делайте это так же, как при налаживании усилителя низкой частоты.

Затем к выходу детектора (параллельно конденсатору C_{2-7}) подключите высокоомные головные телефоны, например ТОН-1, а к левому (по принципиальной схеме) выводу конденсатора C_{2-1} — внешнюю антенну. Если блок работоспособен, то в телефонах будет прослушиваться передача местной радиовещательной станции или одновременно нескольких станций. Телефоны зазвучат значительно тише, если ту же антенну подсоединить к выводу базы транзистора второго каскада.

После такой проверки блок можно вставить в соответствующую ему секцию сборочной планки и, изменяя емкость конденсатора настройки, прослушать весь диапазон волн, перекрываемый входным контуром приемника. Наибольшая громкость приема должна быть тогда, когда катушка связи L_{1-2} вплотную придвинута к контурной катушке L_{1-1}, а ось стержня магнитной антенны перпендикулярна направлению на принимаемую радиостанцию. С увеличением расстояния между катушками громкость несколько уменьшается, а избирательность приемника повышается. При подключении ко входному контуру внешней антенны (через конденсатор C_{1-4}) уровень громкости заметно повышается.

Рабочий диапазон волн приемника можно установить по радиовещательному приемнику, имеющему градуированную шкалу. Надо выбрать тот участок радиовещательного диапазона, в котором уверенно слышны передачи наибольшего числа станций. Чтобы сместить диапазон в сторону более длинных волн, катушку L_{1-1} надо переместить ближе к середине ферритового стержня или увеличить число ее витков, и наоборот.

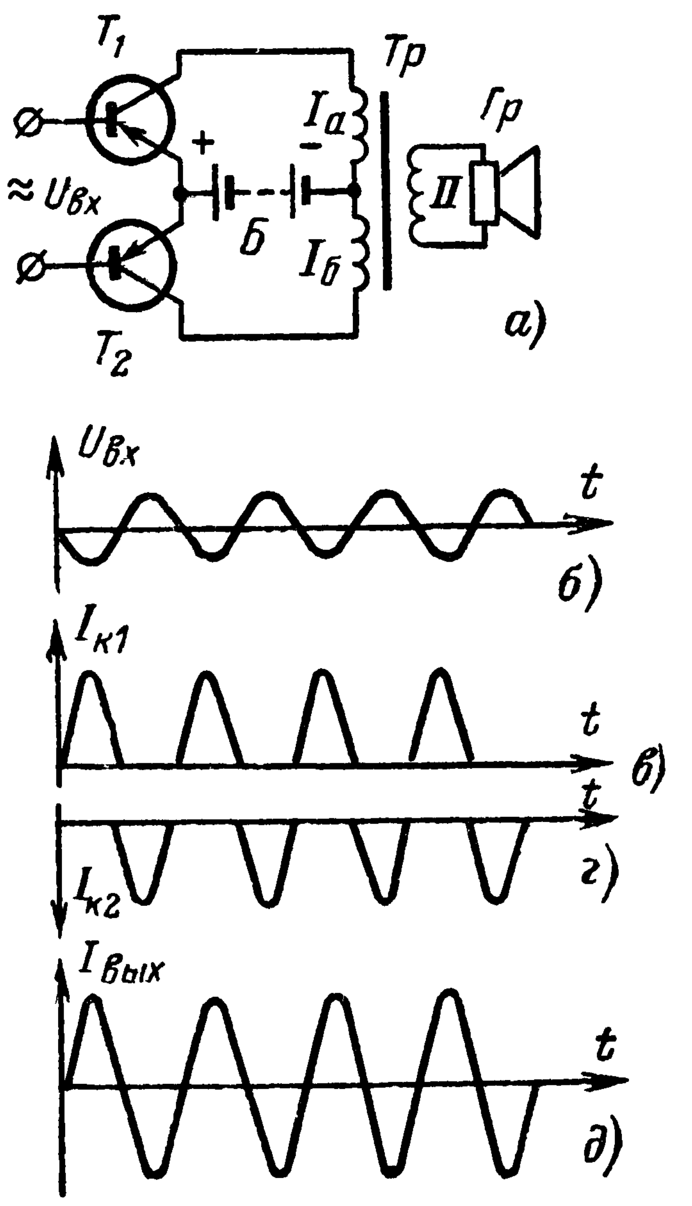
Если приемник самовозбуждается (появляются свисты, искажающие передачу), попробуйте для устранения этого явления прежде всего перевернуть катушку связи L_{1-2} и отодвинуть ее подальше от контурной катушки L_{1-1}, а если и это не поможет, поменяйте местами выводы катушек L_{2-1}, L_{2-2} или дросселя $Др_{2-1}$.

После этого головные телефоны можно отключить, во вторую секцию сборочной планки вставить готовый усилитель низкой частоты (блок **4**), а в третью — сетевой блок питания (блок **7**). Теперь нагрузкой детектора будет переменный резистор R_{1-1}, а нагрузкой усилителя низкой частоты — громкоговоритель $Гр_{1-1}$ блока **1**. Получится приемник прямого усиления 2-*V*-3 с питанием от сети переменного тока.

УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С ДВУХТАКТНЫМ ТРАНСФОРМАТОРНЫМ ВЫХОДНЫМ КАСКАДОМ

Выходные каскады усилителей низкой частоты большинства промышленных и любительских приемников делают двухтактными.

Упрощенная схема и графики, иллюстрирующие работу такого усилителя мощности, показаны на рис. 33, *а—д*. Усилитель состоит из двух одинаковых транзисторов T_1 и T_2, включенных по схеме с общим эмиттером, и выходного трансформатора *Тр* с одинаковыми половинами первичной обмотки $I_а$ и $I_б$. Батарея *Б* включена так, что



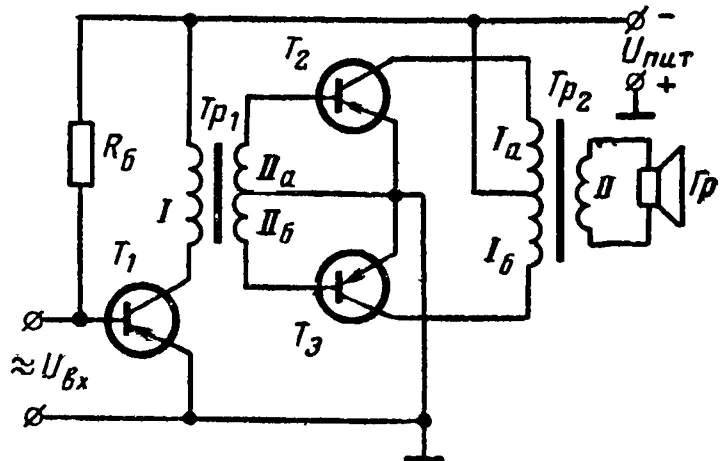


Рис. 34. Упрощенная схема усилителя низкой частоты с двухтактным выходным каскадом.

<—

Рис. 33. Упрощенная схема двухтактного усилителя мощности и графики, иллюстрирующие его работу.

отрицательное напряжение на коллекторы транзисторов подается через половины первичной обмотки трансформатора. Транзисторы и относящиеся к ним половины обмотки трансформатора образуют симметричные плечи усилителя.

Сущность работы усилителя заключается в следующем. Входной сигнал $U_{вх}$ подается на базы обоих транзисторов так, чтобы напряжения на них в каждый момент времени изменялись в противоположных направлениях, т. е. в противофазе. Когда, например, на базе транзистора T_1 входное напряжение имеет отрицательную полярность, на базе транзистора T_2 напряжение сигнала положительное. А так как колебания звуковой частоты представляют собой чередования напряжений положительной и отрицательной полярности, то транзисторы T_1 и T_2 усиливают сигнал по очереди, как бы на два такта. Такой режим работы транзисторов называют режимом В.

Допустим, что на базе транзистора T_1 относительно его эмиттера действует отрицательная полуволна входного напряжения $U_{вх}$

(график на рис. 33, *б*). При этом транзистор T_1 открывается и его коллекторный ток течет через обмотку $I_а$ выходного трансформатора (график на рис. 33, *в*). Транзистор T_2 в это время закрыт, так как на его базе напряжение сигнала положительное. В следующий полупериод, наоборот, на базе транзистора T_2 напряжение будет отрицательным, а на базе транзистора T_1 — положительным. В результате открывается транзистор T_2, и через обмотку $I_б$ трансформатора течет только его коллекторный ток (график на рис. 33, *г*, который для наглядности перевернут и приближен к графику на рис. 33, *в*), а транзистор T_1 закрывается. Естественно, что закрытые транзисторы ток не потребляют, а это повышает экономичность усилителя. И так

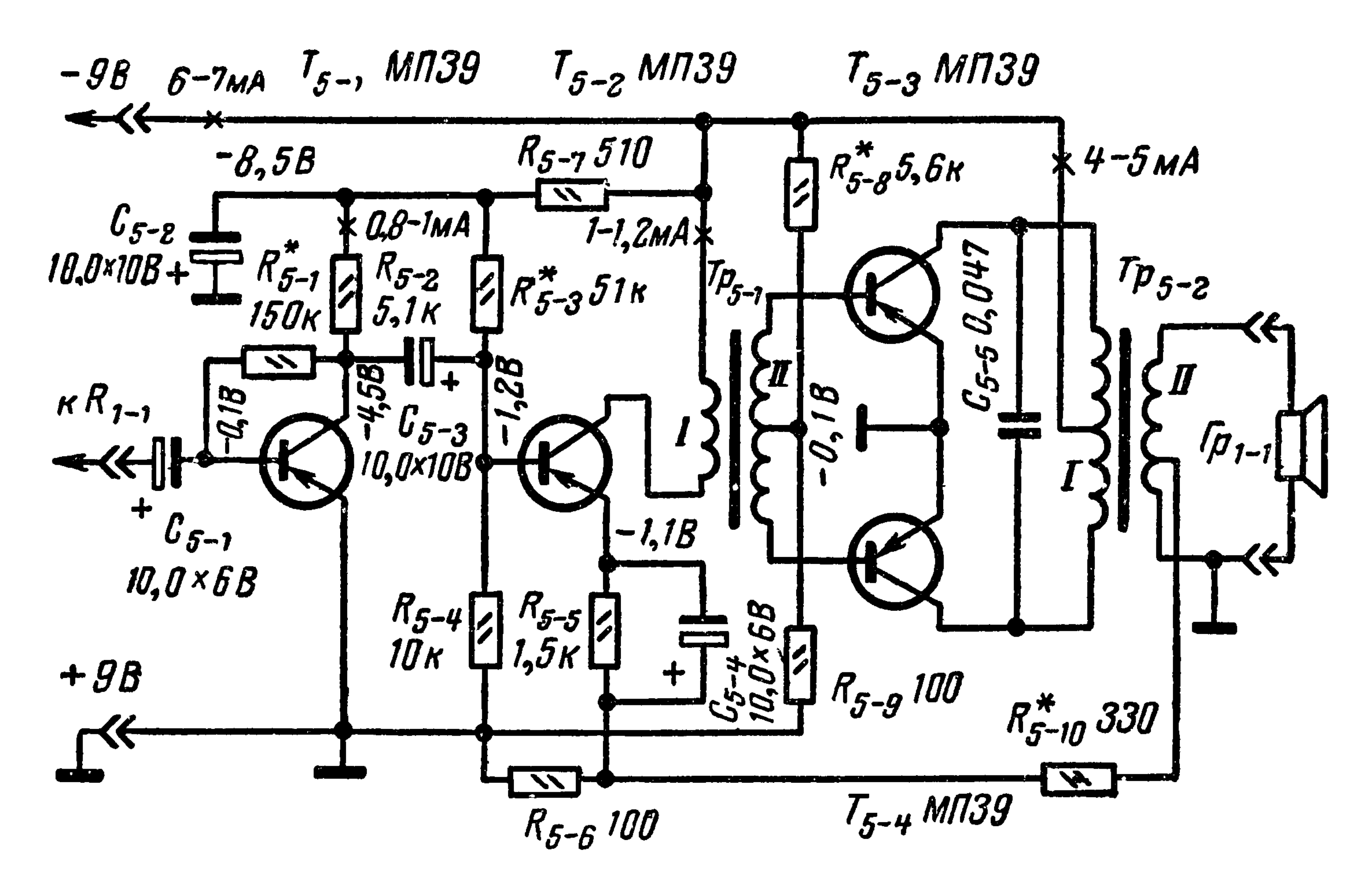


Рис. 35. Принципиальная схема блока 5.

при каждом периоде колебаний низкой частоты, подводимых к усилителю. В первичной обмотке трансформатора коллекторные токи обоих транзисторов суммируются (график на рис. 33, *д*), в результате чего во вторичной обмотке трансформатора создаются мощные колебания низкой частоты, заставляющие громкоговоритель звучать.

Каким образом на базы транзисторов можно подавать напряжение сигнала в противофазе? Проще всего — с помощью трансформатора, как показано на рис. 34. На транзисторе T_1 собран предварительный усилитель мощности. В цепь коллектора транзистора T_1 включена первичная обмотка трансформатора $Тр_1$. Его вторичная обмотка, состоящая из двух половин ($II_а$ и $II_б$), соединена с транзисторами выходного каскада. При подаче на вход транзистора T_1 низкочастотного сигнала напряжения, подводимые к эмиттерным переходам транзисторов T_2 и T_3 от половин вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$, будут равны по величине, но противоположны по фазе, т. е., как говорят, сдвинуты по фазе на 180°. Это и требуется для работы двухтактного каскада усиления мощности.

Принципиальная схема усилителя низкой частоты, в котором для поворота фазы сигнала и связи двухтактного усилителя мощности

с громкоговорителем используются трансформаторы, показана на рис. 35. Это блок 5 описываемого приемника. Нижним и верхним (по схеме) выводными контактами усилитель через сборочную планку соединяется с блоком питания, средним — с движком резистора $R_{1\text{-}1}$ блока **1**.

Усилитель трехкаскадный. Средний ток, потребляемый им от источника питания, составляет 20—25 мА.

Каскады этого усилителя, собранные на транзисторах $T_{5\text{-}1}$ и $T_{5\text{-}2}$, работают так же, как первый каскад блока **4**. Разница лишь в способе подачи смещения на базу транзистора $T_{5\text{-}1}$. При этом между коллектором и базой транзистора действует отрицательная обратная связь по переменному напряжению, несколько снижающая усиление, но в то же время стабилизирующая его режим работы.

В коллекторную цепь транзистора $T_{5\text{-}2}$ включен трансформатор $Tp_{5\text{-}1}$, двухсекционная вторичная обмотка которого обеспечивает двухтактный режим работы транзисторов выходного каскада. Смещение на базу транзистора $T_{5\text{-}2}$ подается с делителя напряжения $R_{5\text{-}3}$ $R_{5\text{-}4}$, резисторы $R_{5\text{-}5}$ и $R_{5\text{-}6}$ в его эмиттерной цепи вместе с резисторами делителя стабилизируют режим работы транзистора. Резистор $R_{5\text{-}7}$ и конденсатор $C_{5\text{-}2}$ образуют развязывающий фильтр, предотвращающий самовозбуждение усилителя из-за паразитных связей между его цепями через источник питания.

Говоря о принципе работы двухтактного усилителя мощности, мы с целью упрощения считали, что базы его транзисторов через источник сигнала или половины вторичной обмотки согласующего трансформатора соединены с эмиттерами. В этом случае исходное состояние транзисторов — закрытое, поэтому коллекторные токи практически отсутствуют.

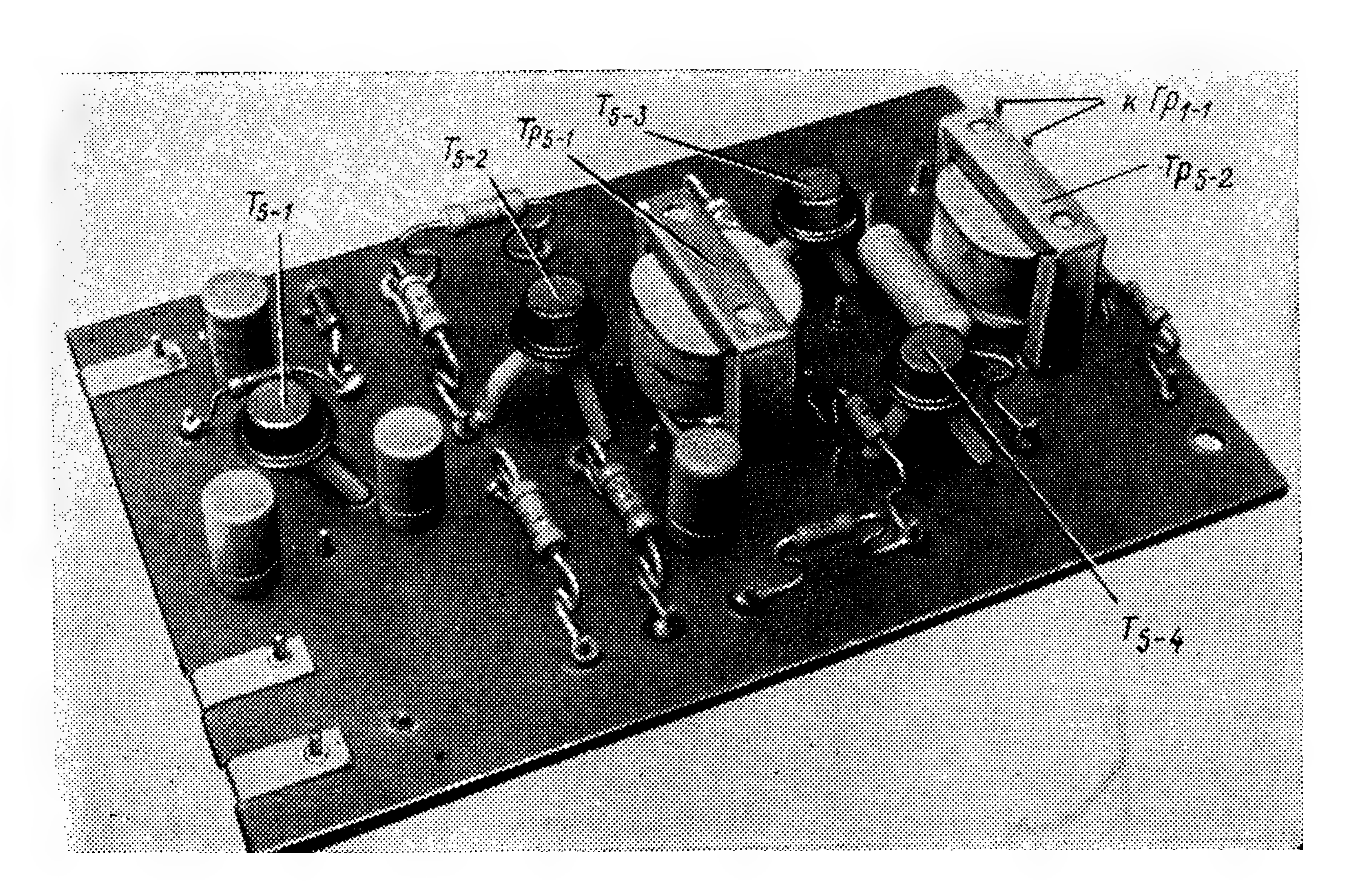
Фактически же для уменьшения искажений усиливаемого сигнала на базы транзисторов подают небольшое начальное напряжение смещения, открывающее транзисторы. В описываемом усилителе напряжение смещения — 0,1 В снимается с делителя напряжения $R_{5\text{-}8}$ $R_{5\text{-}9}$ и подается на базы транзисторов через соответствующие им половины вторичной обмотки трансформатора $Tp_{5\text{-}1}$. Коллекторные токи покоя транзисторов устанавливают подбором резистора $R_{5\text{-}8}$. Конденсатор $C_{5\text{-}5}$, блокирующий первичную обмотку выходного трансформатора, «срезает» наиболее высокие частоты звукового диапазона, смягчая тембр звучания.

Для повышения качества работы усилителя последние два каскада охвачены отрицательной обратной связью. Напряжение обратной связи снимается с части витков вторичной обмотки выходного трансформатора $Tp_{5\text{-}2}$ и через резистор $R_{5\text{-}10}$ подается в цепь эмиттера транзистора $T_{5\text{-}2}$. Глубину этой связи можно регулировать подбором резистора $R_{5\text{-}10}$.

Детали. Внешний вид блока и схема соединения его деталей на монтажной плате показаны на рис. 36.

В усилителе желательно применять транзисторы с коэффициентом $B_{ст}$ не менее 40. Вместо транзисторов МП39 можно использовать транзисторы МП40—МП42. Надо только подобрать для выходного каскада транзисторы по возможности с одинаковыми коэффициентами $B_{ст}$ и обратными токами коллектора $I_{к0}$.

Согласующий $Тр_{5-1}$ и выходной $Тр_{5-2}$ трансформаторы — от транзисторного приемника «Альпинист». Трансформаторы намотаны на сердечниках из пластин Ш6 (толщина набора 6 мм). Обмотка *I* согласующего трансформатора содержит 2200, обмотка *II* — 260+ +260 витков провода ПЭВ 1 0,1; обмотка *I* выходного трансформатора имеет 405+405 витков провода ПЭВ-1 0,12, обмотка *II* — 90+ +10 витков провода ПЭВ-1 0,38. Подойдут также трансформаторы



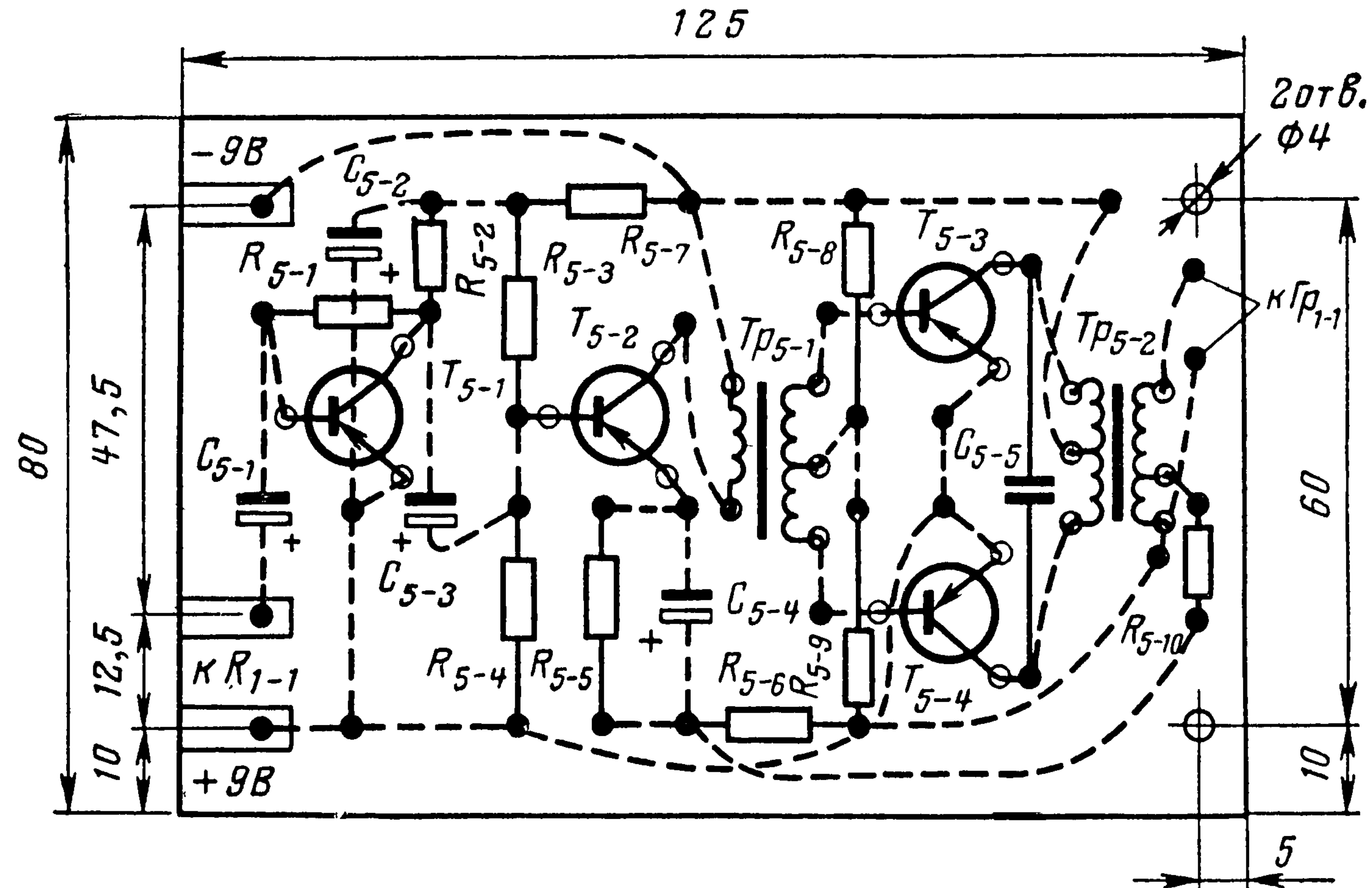


Рис. 36. Внешний вид и схема соединений деталей блока 5.

от других транзисторных приемников или аналогичные им унифицированные трансформаторы.

Налаживание. Методика налаживания этого усилителя в основном такая же, как и усилителя с однотактным выходом (блок 4). Сначала отпаяйте проводник, соединяющий резистор $R_{5\text{-}10}$ с резисторами $R_{5\text{-}5}$ и $R_{5\text{-}6}$, затем измерьте и, если надо, подбором резистора $R_{5\text{-}8}$ установите коллекторные токи покоя транзисторов $T_{5\text{-}3}$ и $T_{5\text{-}4}$, равные 3—4 мА. Полезно проверить и коллекторные токи каждого из этих транзисторов, включая миллиамперметр поочередно между коллекторами и крайними выводами первичной обмотки выходного трансформатора. Если транзисторы подобраны правильно, то токи должны быть примерно одинаковыми.

Далее подбором резисторов $R_{5\text{-}3}$ и $R_{5\text{-}1}$ установите указанные на схеме коллекторные токи транзисторов $T_{5\text{-}2}$ и $T_{5\text{-}1}$, восстановите цепь отрицательной обратной связи и проверьте качество работы усилителя от звукоснимателя или радиотрансляционной сети. Делайте это так же, как и при налаживании блока 4. После этого проверьте работу усилителя от высокочастотного блока приемника.

Не исключено, что после восстановления цепи обратной связи и этот усилитель самовозбудится. Причиной этого может быть положительная обратная связь между выходом и входом второго каскада усилителя. Устранить самовозбуждение легко — стоит лишь поменять местами крайние выводы первичной обмотки выходного трансформатора.

Глубину отрицательной обратной связи подберите опытным путем заменой резистора $R_{5\text{-}10}$. С увеличением сопротивления этого резистора глубина отрицательной обратной связи уменьшается, с уменьшением, наоборот, увеличивается.

Если вторичная обмотка выходного трансформатора не имеет отвода, то напряжение отрицательной обратной связи можно подавать со всей вторичной обмотки — так же, как в усилителе блока 4. В этом случае надо только увеличить сопротивление резистора $R_{5\text{-}10}$ до 1,5—2 кОм.

УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ С БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫМ ВЫХОДНЫМ КАСКАДОМ

В этом усилителе (блок 6) выходной каскад также является двухтактным усилителем мощности, но в нем нет выходного трансформатора. Такой усилитель мощности, правда, во время работы потребляет от источника питания бóльший ток, чем блок 5, но зато он меньше искажает усиливаемый сигнал. Объясняется это именно тем, что он бестрансформаторный.

А как получить противофазные напряжения сигнала, обеспечивающие работу двухтактного усилителя? Если в выходном или предварительном каскаде усилителя применить транзисторы структур *p-n-p* и *n-p-n*, то надобность в фазоинверсном каскаде вообще отпадет. Именно так и поступают обычно радиолюбители, конструируя бестрансформаторные усилители низкой частоты.

Разобраться в сущности работы бестрансформаторного двухтактного усилителя поможет его упрощенная схема, показанная на рис. 37. В усилителе применены транзисторы разной структуры: T_1 —

структуры p-n-p, T_2 — структуры n-p-n. Громкоговоритель *Гр*, включенный между их эмиттерами и батареями $Б_1$ и $Б_2$, как бы делит усилитель на две симметричные цепи, обозначенные на схеме римскими цифрами *I* и *II*. Цепь *I* питается от батареи $Б_1$, цепь *II* — от батареи $Б_2$. При этом на коллектор транзистора T_1 подается отрицательное (относительно его эмиттера) напряжение батареи $Б_1$, а на коллектор транзистора T_2 — положительное напряжение батареи $Б_2$. Громкоговоритель включен в эмиттерные цепи обоих транзисторов и является их общей нагрузкой. Транзисторы, следовательно, включены по схеме с общим коллектором.

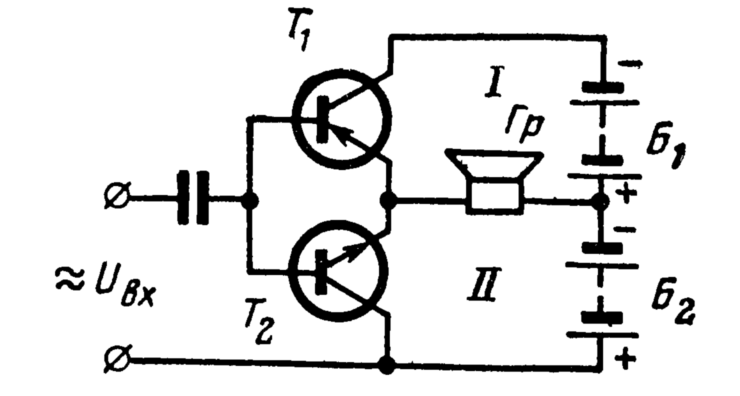


Рис. 37. Упрощенная схема двухтактного бестрансформаторного усилителя мощности.

При подаче на вход усилителя низкочастотного сигнала $U_{вх}$ на базах обоих транзисторов действует одинаковое по величине переменное напряжение. Транзисторы при этом работают поочередно, на два такта: при отрицательной полуволне напряжения сигнала открывается транзистор T_1 и в цепи *I* течет его коллекторный ток, а при положительной — транзистор T_2 и в цепи *II* появляется коллекторный

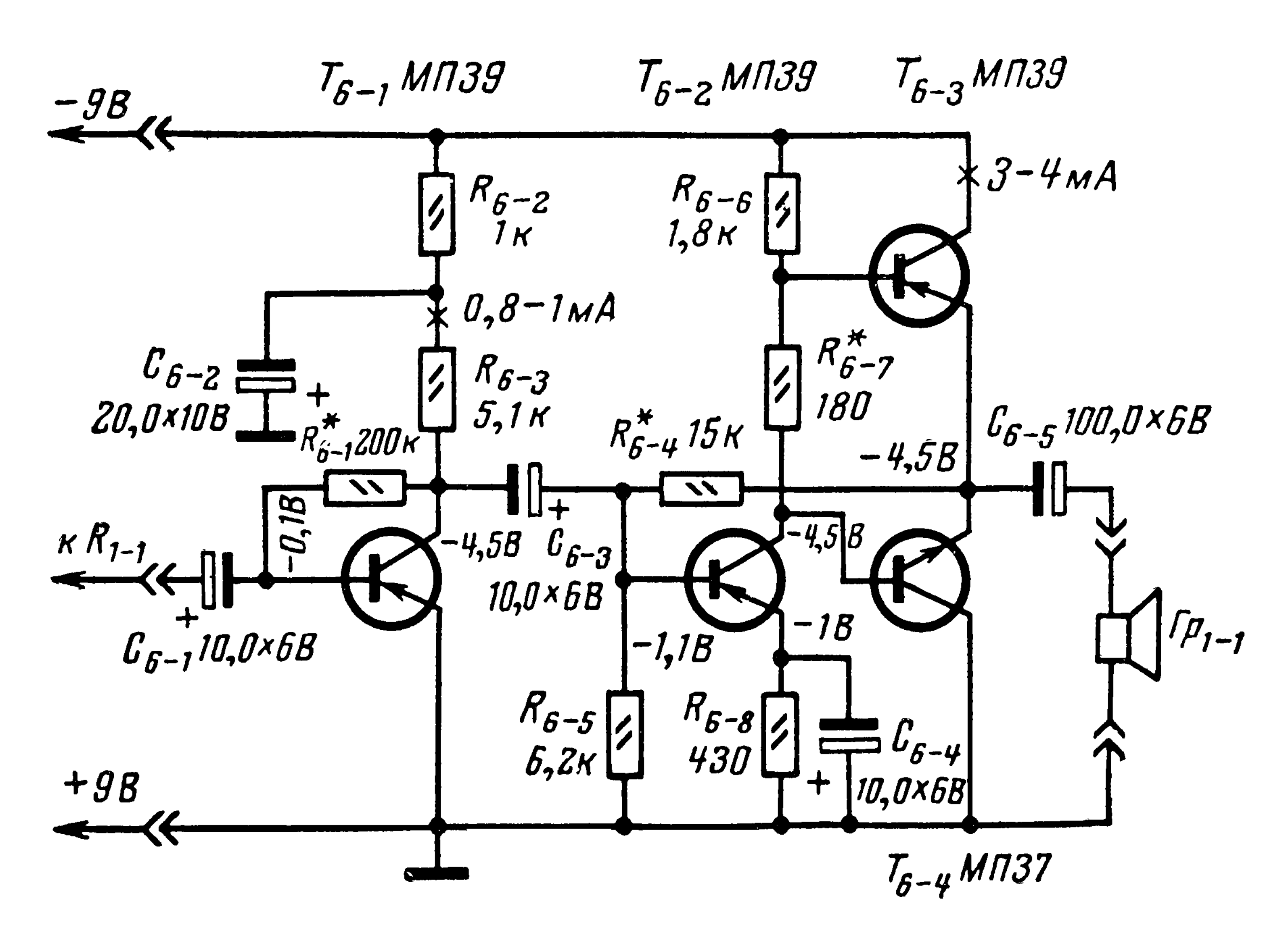


Рис. 38. Принципиальная схема блока 6.

ток этого транзистора. Суммарный ток коллекторных цепей обоих транзисторов, представляющий собой колебания низкой частоты, течет через громкоговоритель и преобразуется им в звуковые колебания. Практически получается то же, что и в усилителе мощности с трансформаторным выходом, но благодаря применению транзисторов разной структуры фазоинверсный каскад здесь не нужен.

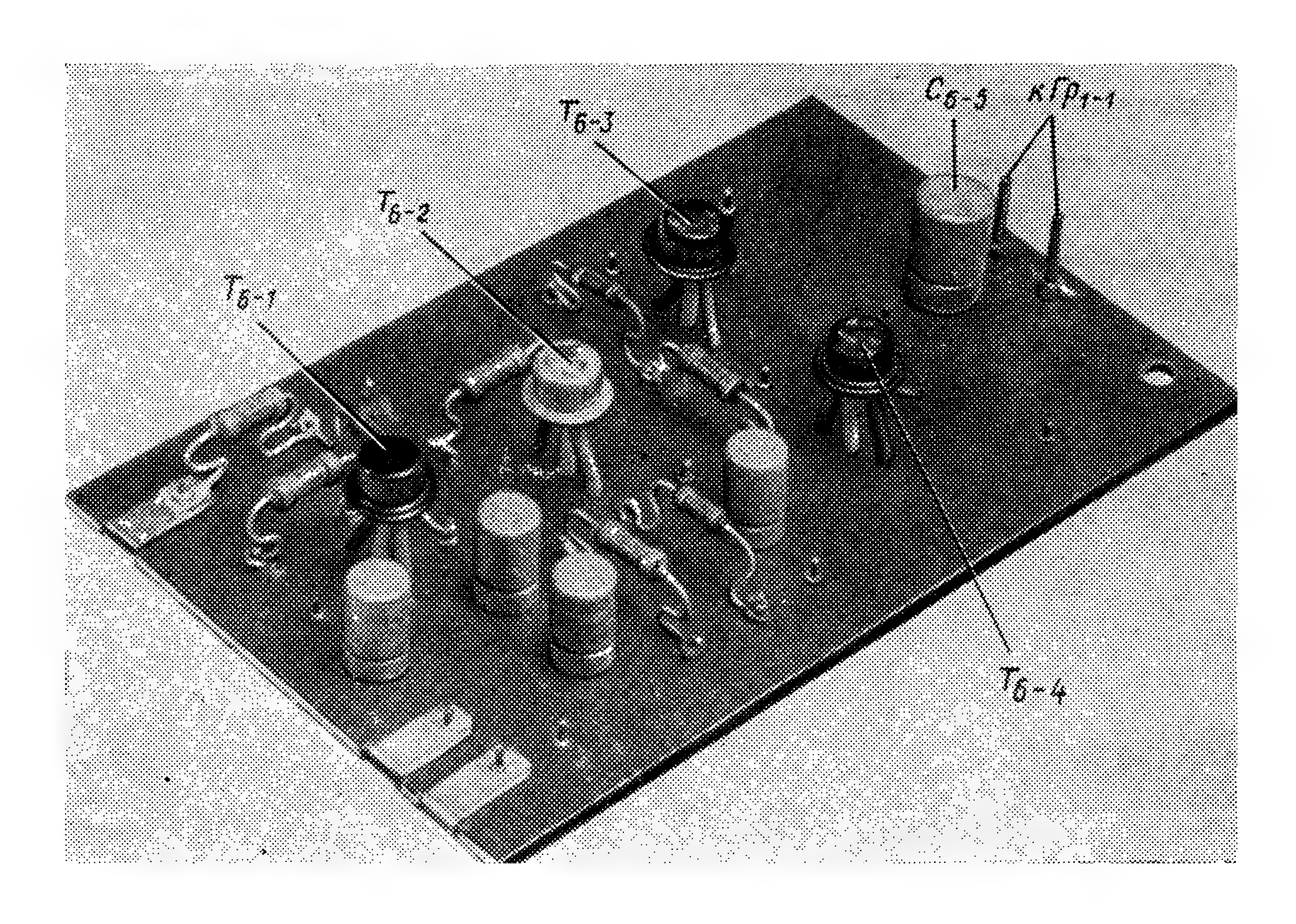
В рассмотренном варианте простейшего усилителя каждый его транзистор питается от своей батареи. В реальных же усилителях питание таких каскадов осуществляется от одного источника постоянного тока. Кроме того, на базы транзисторов выходного каскада подают небольшие напряжения начального смещения, устраняющие искажения усиливаемого сигнала.

Принципиальная практическая схема бестрансформаторного усилителя низкой частоты, являющегося блоком **6** приемника, приведена на рис. 38. Его выходная мощность — около 150 мВт. На вход усилителя сигнал поступает с движка переменного резистора $R_{1\text{-}1}$ блока **1** через конденсатор $C_{6\text{-}1}$. Первый каскад усилителя (транзистор $T_{6\text{-}1}$) такой же, как и в блоке **5** (см. на рис. 35). Усиленный сигнал снимается с нагрузочного резистора $R_{6\text{-}3}$ и через конденсатор $C_{6\text{-}3}$ подается на базу транзистора $T_{6\text{-}2}$ второго каскада. Этот транзистор также включен по схеме с общим эмиттером. Необходимое напряжение смещения на его базу снимается с делителя, состоящего из резисторов $R_{6\text{-}4}$ и $R_{6\text{-}5}$, которые вместе с резистором $R_{3\text{-}8}$ в эмиттерной цепи стабилизируют режим работы транзистора.

Нагрузкой транзистора $T_{6\text{-}2}$ служат резисторы $R_{6\text{-}6}$ и $R_{6\text{-}7}$. Совместно с участком эмиттер—коллектор транзистора и резистором $R_{6\text{-}8}$ они образуют делитель, с которого на базы транзисторов $T_{6\text{-}3}$ и $T_{6\text{-}4}$ вместе с усиливаемым сигналом подается начальное напряжение смещения: на базу транзистора $T_{6\text{-}3}$ — отрицательное (относительно эмиттера), на базу транзистора $T_{6\text{-}4}$ — положительное (также относительно эмиттера). Первый из них, структура которого *р-п-р*, усиливает отрицательные, а второй, структура которого *п-р-п*, — положительные полуволны низкочастотного сигнала. Громкоговоритель, включенный через конденсатор $C_{6\text{-}5}$ в эмиттерную цепь обоих транзисторов, преобразует усиленные колебания низкой частоты в звуковые колебания.

Как видно из схемы, оба транзистора выходного каскада питаются от одного источника. По постоянному току они соединены между собой последовательно и делят напряжение источника на две равные части. В результате в точке соединения их эмиттеров относительно «заземленного» проводника получается напряжение, равное минус 4,5 В. Относительно этой точки на коллекторе транзистора $T_{6\text{-}4}$ получается плюс 4,5 В, а на коллекторе транзистора $T_{6\text{-}3}$ минус 4,5 В, что и необходимо для работы транзисторов разной структуры.

Обратите внимание на включение резистора $R_{6\text{-}4}$. Его правый (по схеме) вывод соединен не с отрицательным проводом питания, а с эмиттерами транзисторов выходного каскада. При таком включении резистор создает между выходом усилителя и входной цепью транзистора $T_{6\text{-}2}$ отрицательную обратную связь по переменному и постоянному токам, что стабилизирует режим транзисторов обоих



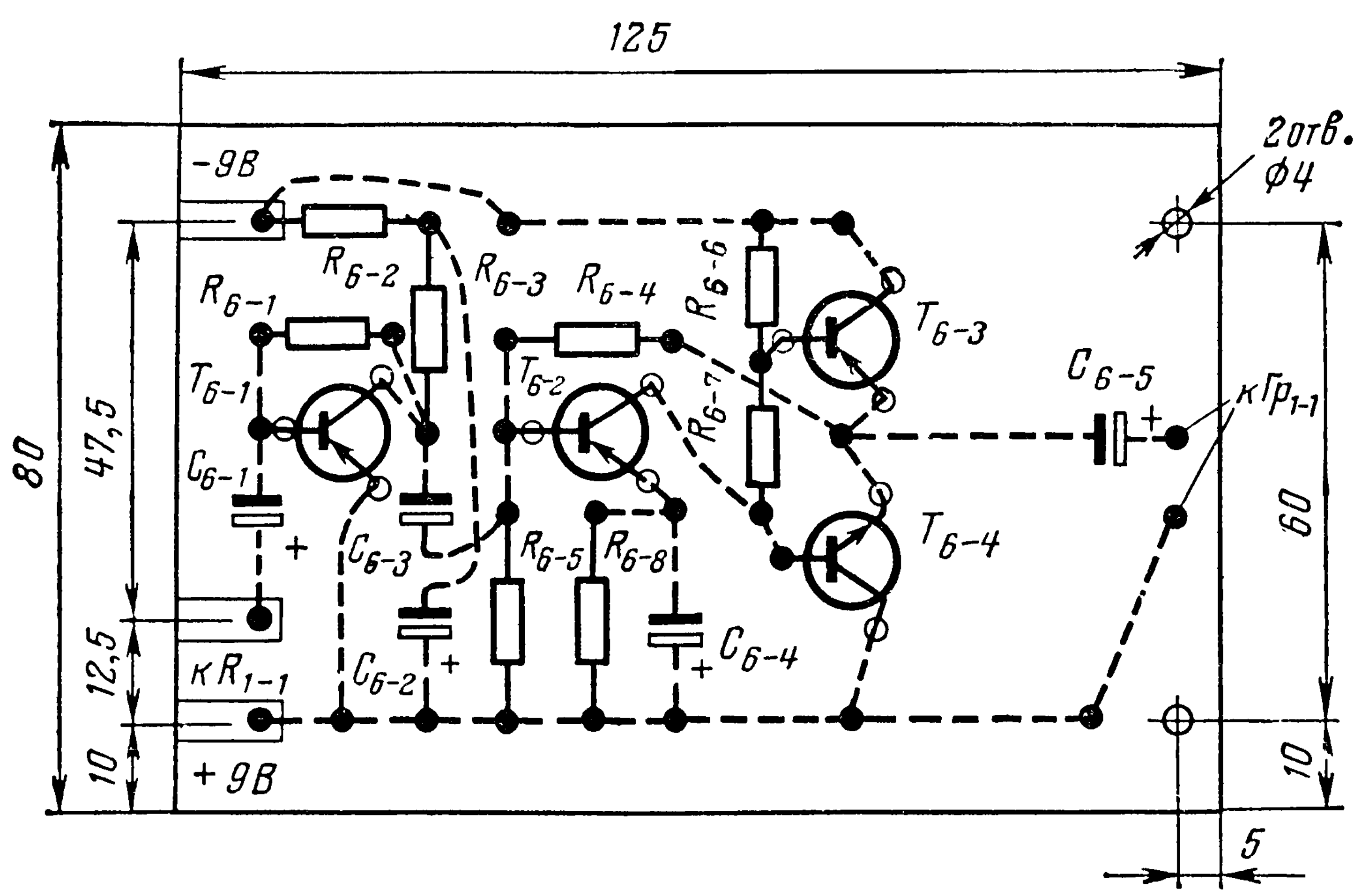


Рис. 39. Внешний вид блока 6 и схема соединений его деталей на монтажной плате.

каскадов и улучшает качество работы усилителя. Еще одну цепь отрицательной обратной связи между коллектором и базой транзистора $T_{6\text{-}1}$ создает резистор $R_{6\text{-}1}$. Она стабилизирует режим работы этого транзистора. Резистор $R_{6\text{-}2}$ и конденсатор $C_{6\text{-}2}$, как и в описанных ранее блоках, образуют развязывающий фильтр в цепи питания первого каскада усилителя.

Детали. Внешний вид этого блока приемника и схема соединений его деталей на монтажной плате показаны на рис. 39.

В усилителе необходимо применить транзисторы с коэффициентом $В_{ст}$ не менее 40. Транзисторы МП39 можно заменить транзисторами МП40—МП42, МП37 — транзисторами МП35, МП36, МП38 с любым буквенным индексом. Оба транзистора $T_{6\text{-}3}$ и $T_{6\text{-}4}$ выходного каскада должны быть или германиевыми или кремниевыми и иметь по возможности близкие величины коэффициентов $В_{ст}$ и обратных токов коллекторных переходов $I_{ко}$.

Емкость электролитического конденсатора $C_{6\text{-}5}$ должна быть не менее 100 мкФ. Конденсатор меньшей емкости будет оказывать колебаниям низших частот звукового диапазона большое сопротивление, и они не попадут в громкоговоритель.

Налаживание усилителя сводится в основном к подбору резисторов $R_{6\text{-}1}$, $R_{6\text{-}4}$ и $R_{6\text{-}7}$, определяющих режимы работы транзисторов. Делайте это, не вставляя плату в ячейку сборочной планки блока 1. Прежде чем включить питание, замкните накоротко проволочной перемычкой входные контакты усилителя; проверьте, надежно ли соединен громкоговоритель с выходом усилителя. Это предотвратит возможный пробой транзисторов выходного каскада, который может произойти при первом включении из-за ошибок в монтаже. Затем в общую цепь питания транзисторов выходного каскада включите миллиамперметр на ток 25—50 мА. В этой цепи в момент включения возможен бросок тока, который затем уменьшается до нескольких миллиампер. Если же ток остается значительным — больше 15—20 мА, немедленно выключите питание и тщательно проверьте монтаж, номиналы резисторов в базовой и коллекторной цепях транзистора $T_{6\text{-}2}$.

Если ошибок нет, то токи коллекторных цепей транзисторов не должны отличаться от указанных на схеме более чем на 20—25%. В этом случае подбором резистора $R_{6\text{-}7}$ установите ток покоя транзисторов $T_{6\text{-}3}$ и $T_{6\text{-}4}$, равный 3—4 мА, а подбором резистора $R_{6\text{-}4}$ — напряжение на их эмиттерах, равное половине напряжения источника питания, т. е. 4,5 В. Повторите эти операции еще раз, чтобы подкорректировать режим работы транзисторов выходного каскада, а затем подбором резистора $R_{6\text{-}1}$ установите рекомендуемый ток покоя транзистора $T_{6\text{-}1}$.

Предупреждаем: заменять резистор $R_{6\text{-}7}$ можно только при отключенном источнике питания. Иначе транзисторы выходного каскада могут выйти из строя.

Установив рекомендуемые режимы транзисторов, удалите перемычку, замыкающую вход усилителя. Чтобы проверить качество работы усилителя, подайте на его вход низкочастотный сигнал от радиотрансляционной сети через такой же делитель напряжения (рис. 28), как при налаживании блока 5. При наиболее громких звуках ток транзисторов выходного каскада должен увеличиваться до

25—30 мА. После этого вставьте усилитель в приемник и испытайте его совместно с высокочастотным блоком.

Увеличение выходной мощности. Повысить выходную мощность этого блока приемника примерно до 0,7—0,8 В·А можно добавлением к нему двухтактного каскада, собранного на более мощных транзисторах. Схема такого каскада показана на рис. 40. В нем использованы германиевые среднечастотные транзисторы средней мощности структуры *p-n-p* На базу транзистора $T_{6\text{-}5}$ подаются колебания низкой частоты, которые снимаются с резистора $R_{6\text{-}9}$, включенного в эмиттерную цепь транзистора $T_{6\text{-}3}$, на базу транзистора $T_{6\text{-}6}$ — с резистора $R_{6\text{-}10}$, включенного в коллекторную цепь транзистора $T_{6\text{-}4}$.

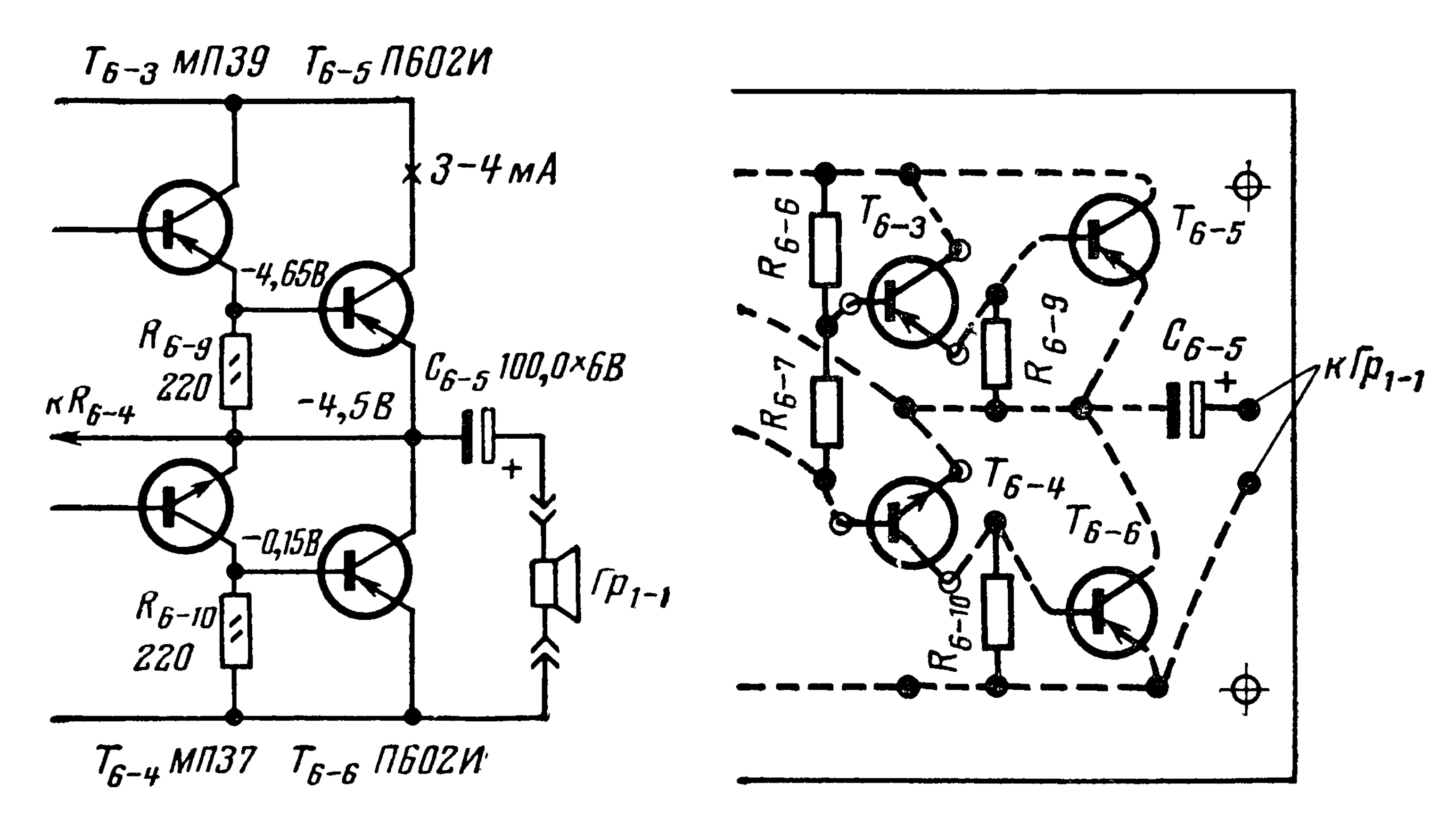


Рис. 40. Схема дополнительного каскада усиления мощности.

Рис. 41. Схема соединений деталей на плате дополнительного каскада усиления мощности.

Каскад на транзисторах $T_{6\text{-}3}$ и $T_{6\text{-}4}$ теперь стал предварительным усилителем НЧ, а каскад на транзисторах $T_{6\text{-}5}$ и $T_{6\text{-}6}$ — усилителем мощности. Его детали можно смонтировать на свободном месте платы усилителя (см. рис. 39).

Размещение деталей дополнительного каскада на монтажной плате усилителя показано на рис. 41. Транзисторы П602И можно заменить транзисторами П601, П605, ГТ402—ГТ404 или П201—П203 с любыми буквенными индексами. Величины их параметров $B_{ст}$ и $I_{ко}$ должны быть по возможности близкими.

Смонтировав дополнительный каскад, измерьте и, если надо, подкорректируйте режимы работы его транзисторов подбором резисторов $R_{6\text{-}7}$ и $R_{6\text{-}4}$. Коллекторный ток покоя транзисторов установите равным 4—5 мА, а напряжение в точке соединения их эмиттеров — половине напряжения источника питания. При наиболее сильных сигналах коллекторный ток транзисторов должен увеличиваться до 100—120 мА.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ БЛОК СУПЕРГЕТЕРОДИНА

Прежде чем собирать этот блок, расскажем несколько подробнее, чем ранее, о сущности супергетеродинного радиоприема.

Структурная схема высокочастотной части супергетеродина и графики, иллюстрирующие процессы в ее цепях, изображены на рис. 42. Входной контур супергетеродинного приемника такой же, как и в приемнике прямого усиления. С него высокочастотный модулированный сигнал радиостанции поступает в смеситель. Сюда же подается и сигнал от гетеродина — местного маломощного генератора колебаний высокой частоты. В смесителе принятый сигнал и сигнал гетеродина преобразуются в колебания так называемой промежуточной частоты (ПЧ), равной обычно разности частот этих сигналов. Колебания промежуточной частоты усиливаются усилителем ПЧ и детектируются. Колебания низкой частоты, выделенные детектором, усиливаются так же, как в приемнике прямого усиления, и преобразуются громкоговорителем в звуковые колебания.

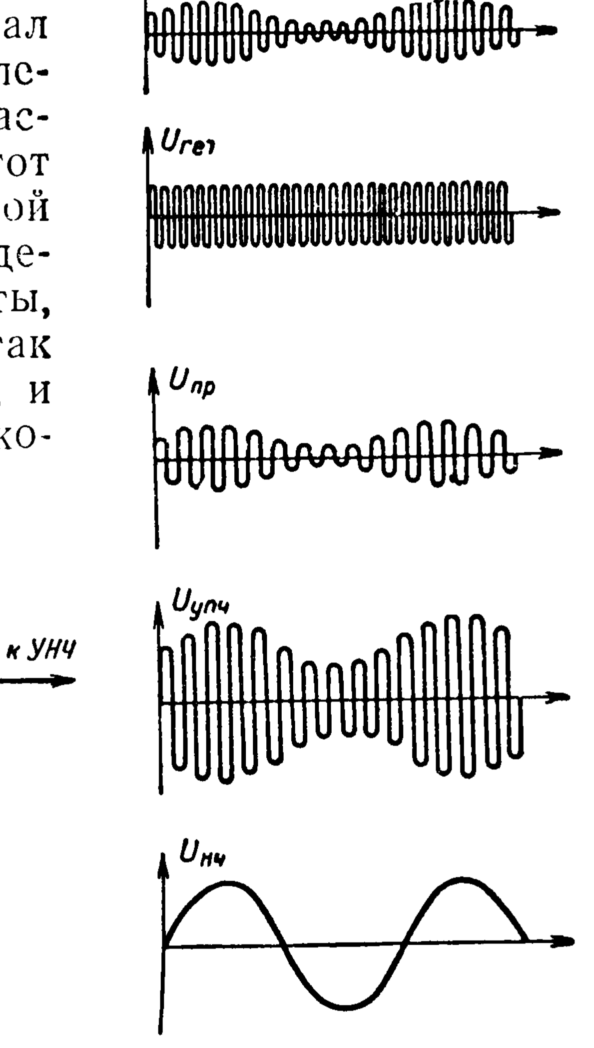


Рис. 42. Структурная схема высокочастотного тракта супергетеродина.

Смеситель и гетеродин образуют преобразователь частоты, в данном случае — преобразователь с отдельным гетеродином. Связь его с усилителем ПЧ осуществляется с помощью колебательных контуров, настроенных на промежуточную частоту 465 кГц и образующих фильтр промежуточной частоты (ФПЧ). Фильтр ПЧ свободно пропускает некоторую полосу частот по обе стороны от промежуточной и не пропускает колебания всех других частот.

Частота 465 кГц является общепринятой промежуточной частотой для всех промышленных и любительских супергетеродинов. При любой настройке радиовещательного супергетеродинного приемника частота его гетеродина обычно превышает частоту входного сигнала на 465 кГц, т. е. на промежуточную частоту. Так, например, при настройке приемника на радиостанцию, несущая частота которой 200 кГц (длина волны 1500 м), частота гетеродина составляет 665 кГц (665—200=465 кГц), радиостанции, частота которой 1000 кГц (длина волны 300 м), — 1465 кГц (1465—1000=465 кГц)

и т. д. Чтобы при настройке приемника на частоту любой радиостанции промежуточная частота оставалась постоянной, диапазон частот гетеродина должен быть сдвинут по отношению к диапазону, перекрываемому входным контуром, на частоту, равную промежуточной. Достигается это соответствующим подбором индуктивностей катушек гетеродинного и входного контуров, использованием для настройки контуров сдвоенного блока конденсаторов переменной емкости, а также включением так называемых сопрягающих конденсаторов.

Преобразователь частоты любительского супергетеродина имеет обычно не отдельный, а совмещенный со смесителем гетеродин. Такой преобразователь частоты применен и в описываемом высокочастотном блоке супергетеродинного варианта приемника.

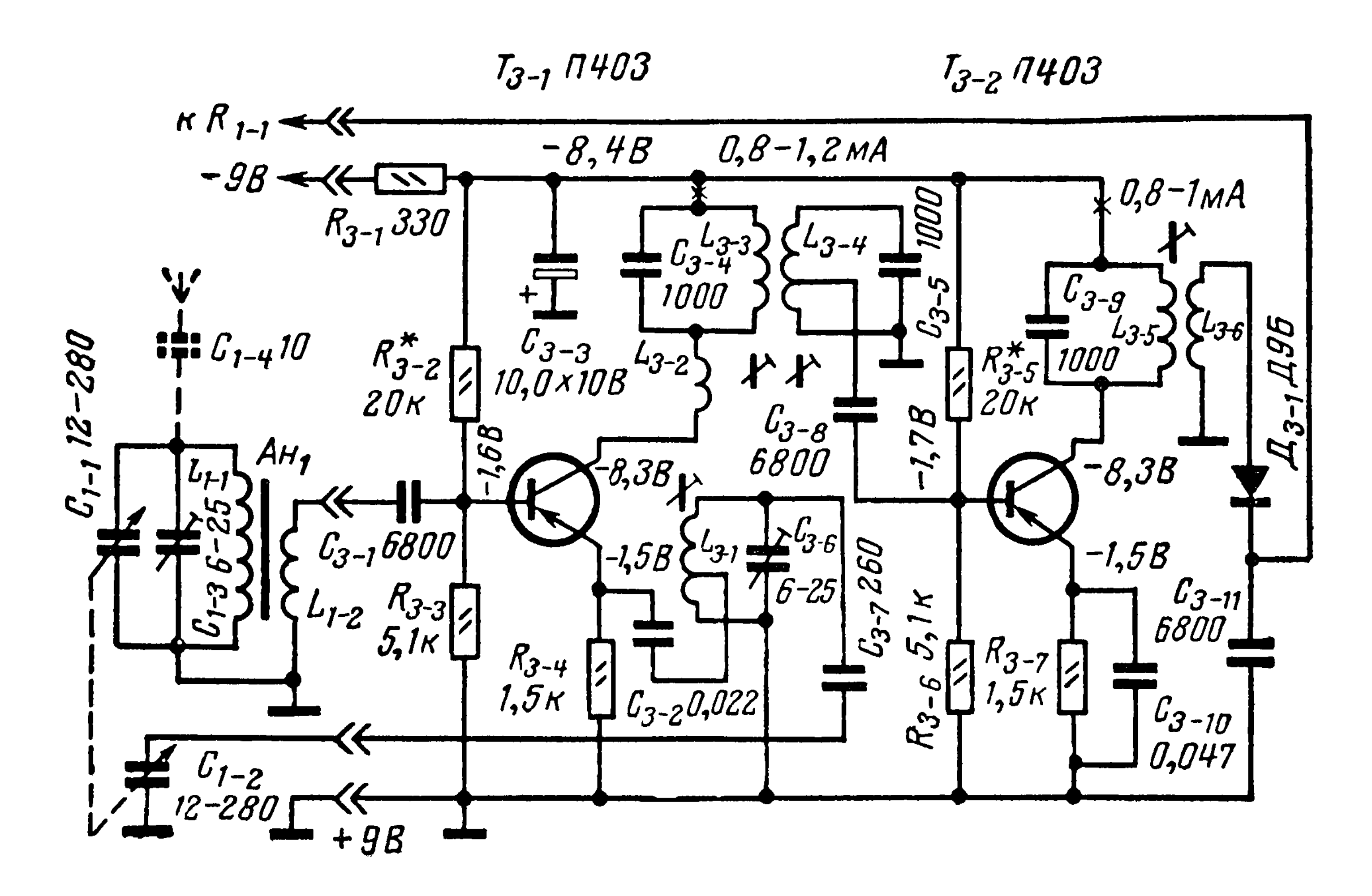


Рис. 43. Принципиальная схема блока 3.

Принципиальная схема этого блока (блок 3) показана **на рис. 43.** Настройка контура магнитной антенны на сигналы радиостанций осуществляется так же, как и в приемнике прямого усиления, для настройки контура гетеродина использована вторая секция блока КПЕ — конденсатор $C_{1\text{-}2}$. Диапазон приемника тот же. Промежуточная частота — 465 кГц.

Каскад на транзисторе $T_{3\text{-}1}$ является преобразователем частоты, каскад на транзисторе $T_{3\text{-}2}$ — усилителем промежуточной частоты. Детектирование осуществляет диод $Д_{3\text{-}1}$, нагрузкой которого служит все тот же переменный резистор $R_{1\text{-}1}$ блока 1.

Преобразователь частоты совмещает в себе гетеродин и смеситель. Колебательный контур гетеродина образуют катушка $L_{3\text{-}1}$ и конденсаторы $C_{1\text{-}2}$, $C_{3\text{-}6}$ и $C_{3\text{-}7}$, включенные (по переменному току) в цепь эмиттера транзистора $T_{3\text{-}1}$. Через катушку обратной свя-

зи L_{3-2} гетеродинный контур индуктивно связан с коллекторной цепью транзистора, благодаря чему в нем возникают колебания, частоту которых можно изменять конденсатором переменной емкости C_{1-2}. Высокочастотное напряжение с части контура (отвод катушки L_{3-1}) через конденсатор C_{3-2} подается на эмиттер транзистора и воздействует на ток, протекающий в его цепи эмиттер—коллектор.

Одновременно на базу транзистора с катушки связи L_{1-2} подается сигнал радиостанции. В транзисторе происходит смешение частот гетеродина и принятого сигнала, в результате чего образуется промежуточная частота, равная разности этих частот.

Контур $L_{3-3}C_{3-4}$ в коллекторной цепи транзистора T_{3-1} и контур $L_{3-4}C_{3-5}$ в цепи базы транзистора T_{3-2} настроены на промежуточную частоту 465 кГц. С части катушки L_{3-4} напряжение промежуточной частоты через конденсатор C_{3-8} поступает на базу транзистора T_{3-2} и усиливается им.

Контур $L_{3-5}C_{3-9}$ в коллекторной цепи транзистора T_{3-2} также настроен на промежуточную частоту. Создающееся на нем напряжение сигнала через катушку связи L_{3-6} подается на диод $Д_{3-1}$ и детектируется им.

Другие детали этого блока выполняют те же функции, что и аналогичные им детали блока 2.

Постоянство разности частот настройки гетеродинного и входного контуров, равной промежуточной частоте, достигается введением в контур гетеродина сопрягающего конденсатора C_{3-7}, подстроечными конденсаторами C_{3-6}, C_{1-3} и изменением индуктивностей катушек $L_{1,1}$ и L_{3-1}.

Детали. Внешний вид и схема соединений деталей этого блока показаны на рис. 44. Сопрягающий конденсатор C_{3-7} контура гетеродина (показан штриховыми линиями) находится снизу платы. Расстояние между катушками L_{3-3} и L_{3-4} фильтра промежуточной частоты — около 20 мм.

На монтажной плате блока пять выводных контактов. С помощью первого сверху (по рис. 44) контакта блок соединяется с переменным резистором R_{1-1}, второго и пятого — с блоком питания, третьего — с катушкой L_{1-2} связи с контуром магнитной антенны, четвертого — с конденсатором переменной емкости C_{1-2} блока 1.

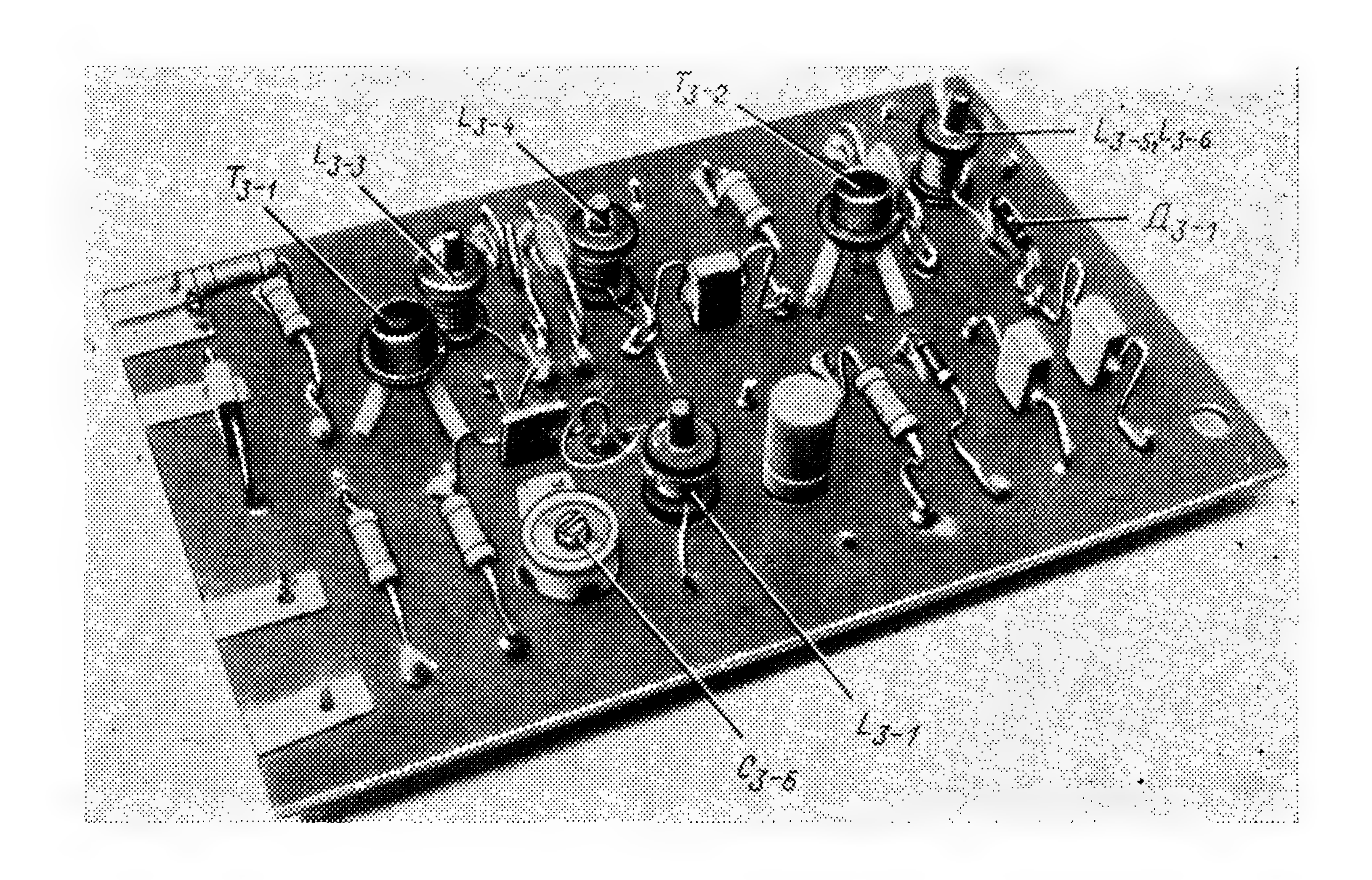
Чтобы при изменении температуры преобразовательный каскад работал стабильнее, входящие в него конденсаторы постоянной емкости должны быть керамическими (серого или голубого цвета) или слюдяными (группы В или Г). Это замечание относится и к конденсаторам C_{3-4}, C_{3-5} и C_{3-9} контуров промежуточной частоты. Подстроечный конденсатор C_{3-6}, как и C_{1-3} блока 1, типа КПК-1 или КПКТ.

Транзисторы П403 можно заменить транзисторами П401, П402, П416, П422, ГТ309А — ГТ309Е. В детекторе можно применить точечный диод любого типа.

Катушки контура гетеродина и фильтров промежуточной частоты намотаны на бумажных гильзах длиной 12 мм, к которым клеем БФ-2 приклеены ферритовые (марки 600НН) кольца с внешним диаметром 8,5, внутренним 3,5 и высотой 2 мм (рис. 45). Расстояние

между кольцами — 6 мм. Подстроечные сердечники катушек также марки 600НН, их диаметр 2,8, длина 15 мм. Нижние концы гильз вставлены в отверстия в монтажной плате и приклеены к ней клеем БФ-2, подстроечные сердечники удерживаются в гильзах бумажными прокладками.

Все катушки намотаны проводом ПЭВ-1 0,1 (можно ПЭЛ 0,08—0,12). Катушка $L_{3\text{-}1}$ гетеродинного контура содержит 90+10 витков,



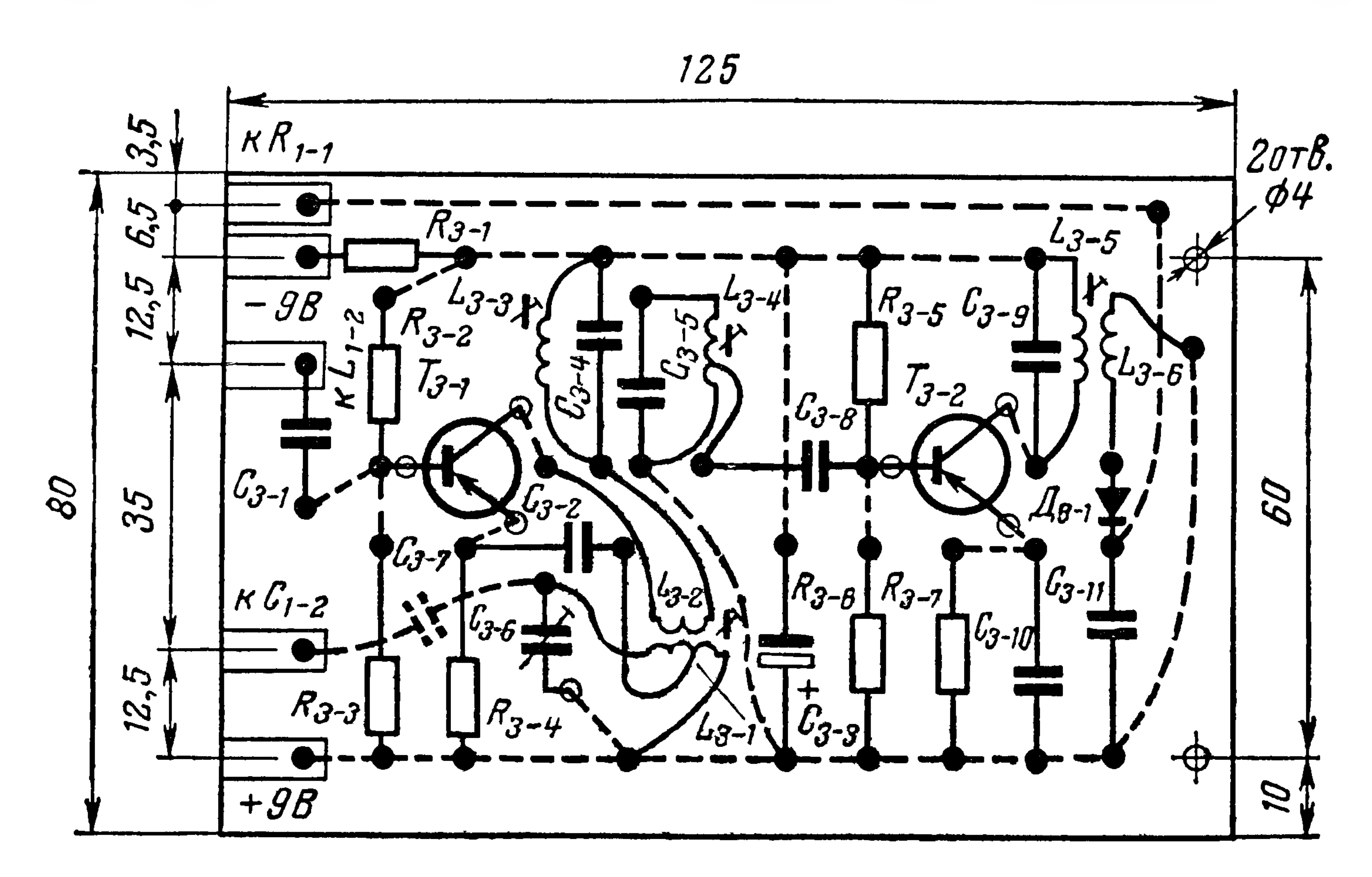


Рис. 44. Внешний вид блока **3** и схема соединений его деталей на монтажной плате.

катушка обратной связи L_{3-2} — 20 витков, намотанных поверх катушки L_{3-1}, катушки L_{3-3}, L_{3-4} и L_{3-5} — по 110 витков. Отвод в катушке L_{3-4} сделан от 15-го витка, считая от нижнего (по схеме) конца. Катушка L_{3-6} намотана поверх катушки L_{3-5} и содержит 120 витков.

Данные катушки L_{3-1} и указанная на схеме емкость сопрягающего конденсатора C_{3-7} соответствует диапазону частот, перекрываемому контуром магнитной антенны приемника прямого усиления. Для приема радиостанций длинноволнового диапазона катушка L_{3-1}

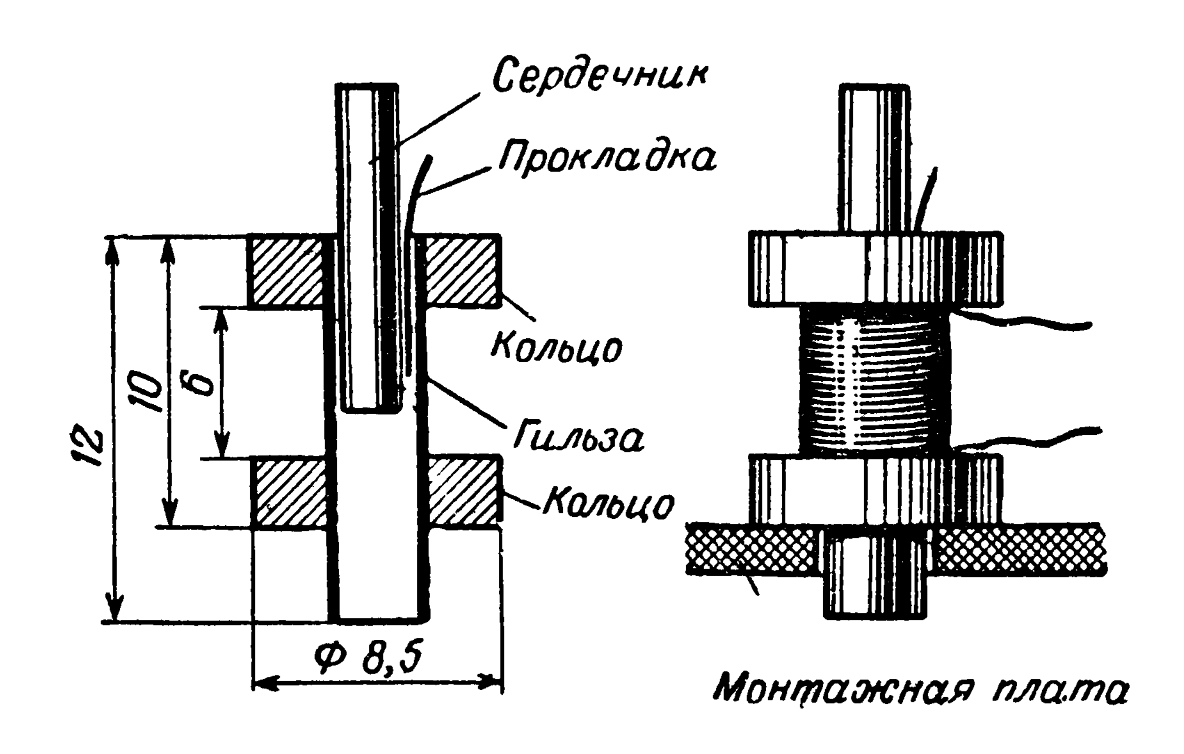


Рис. 45. Конструкция катушки.

должна содержать 190—200 витков с отводом от 15—20-го витка, а катушка L_{3-2} — 20—25 витков. В этом случае емкость сопрягающего конденсатора нужно уменьшить до 120 пФ.

Налаживание этого блока следует начинать с установки коллекторных токов покоя транзисторов. Рекомендуемый ток коллектора транзистора T_{3-1} устанавливают подбором резистора R_{3-2}, транзистора T_{3-2} — подбором резистора R_{3-5}. Измеряя коллекторные токи, точку соединения миллиамперметра с контурами фильтров промежуточной частоты полезно «заземлить» через конденсатор емкостью 0,01—0,05 мкФ, чтобы зашунтировать миллиамперметр по переменному току и тем самым избежать ошибок в результатах измерений.

Затем проверьте, генерирует ли гетеродин. Для этого включите в коллекторную цепь транзистора T_{3-1} миллиамперметр и замкните накоротко отверткой гетеродинную катушку L_{3-1}. Если при этом коллекторный ток уменьшится на 0,1—0,2 мА, то гетеродин работает. Если же ток не изменится, что является признаком отсутствия генерации, то поменяйте местами выводы катушки обратной связи и снова проверьте, генерирует ли гетеродин.

Такую проверку гетеродина полезно произвести при разных положениях ротора конденсаторов настройки. Если в каких-то его положениях генерация срывается, то необходимо увеличить число витков катушки L_{3-2} на 3—4 витка.

Далее начинается ответственная и кропотливая работа — настройка фильтров промежуточной частоты и сопряжение настроек входного и гетеродинного контуров преобразователя. Приниматься за нее лучше в вечернее время, когда условия прохождения средних волн лучше, чем днем. Подстроечные сердечники катушек гетеродина и фильтров промежуточной частоты установите так, чтобы они входили внутрь каркаса примерно наполовину, роторы подстроечных конденсаторов поставьте в положение, соответствующее средней емкости, и, медленно поворачивая роторы блока конденсаторов переменной емкости и магнитную антенну, попытайтесь настроить приемник на какую-либо радиовещательную станцию. Одновременно можете изменять и индуктивность гетеродинной катушки $L_{3\text{-}1}$ ее подстроечным сердечником.

Если не удастся принять станцию на магнитную антенну, то подключите внешнюю антенну (через конденсатор $C_{1\text{-}4}$ небольшой емкости, как показано на схеме штриховыми линиями). Настроив приемник на станцию, перемещением сердечников катушек вначале $L_{3\text{-}5}$, затем $L_{3\text{-}4}$ и $L_{3\text{-}3}$ фильтров ПЧ добейтесь максимальной громкости приема сигналов этой станции. Настройку фильтров ПЧ повторите в той же последовательности еще 2—3 раза до тех пор, пока малейшее смещение подстроечных сердечников катушек $L_{3\text{-}3}$ и $L_{3\text{-}4}$ не будет заметно снижать громкость.

Диапазон частот, перекрываемый контуром магнитной антенны, был установлен при настройке высокочастотного блока приемника прямого усиления. Теперь необходимо подстроить под него контур гетеродина.

Для этого надо сначала вставить в приемник высокочастотный блок приемника прямого усиления (блок 2) и настроить его на наиболее мощную радиовещательную станцию в конце диапазона (емкость конденсаторов $C_{1\text{-}1}$ и $C_{1\text{-}2}$ наибольшая). Затем, не изменяя настройки входного контура, вставить высокочастотный блок супергетеродина и только подстроечным сердечником контура гетеродина настроить приемник на ту же радиостанцию.

После этого перестройте приемник на радиостанцию в начале диапазона (емкость конденсаторов $C_{1\text{-}1}$ и $C_{1\text{-}2}$ наименьшая) и добейтесь наибольшей громкости изменением только емкости подстроечного конденсатора $C_{3\text{-}6}$ контура гетеродина. Если точной настройки не получается даже при максимальной емкости конденсатора $C_{3\text{-}6}$, то увеличьте емкость конденсатора $C_{1\text{-}3}$ входного контура, подстройте приемник на волну той же станции и снова попытайтесь добиться наибольшей громкости изменением емкости конденсатора $C_{3\text{-}6}$.

Сопряжение настроек гетеродинного и входного контуров на концах диапазона надо повторить 2—3 раза.

Настройка фильтров промежуточной частоты и сопряжение настроек контуров значительно упрощаются, если для этой цели использовать сигнал-генератор и высокочастотный вольтметр. Такие приборы есть в радиоклубах ДОСААФ, в радиолабораториях культурно-просветительных и внешкольных учреждений, куда можно обратиться за технической помощью.

Закончив налаживание высокочастотного блока, подстроечные сердечники всех катушек зафиксируйте в каркасах каплями клея, канифоли или нитрокраски.

ПОХОДНЫЙ ПРИЕМНИК

Как уже говорилось, блоки описываемого приемника можно использовать и для походного приемника. Надо только продумать его конструкцию так, чтобы она отвечала требованиям походных условий.

Походный приемник должен быть более прочным, чем настольный, а его детали и особенно громкоговоритель надежно защищены от случайных механических повреждений, от попадания на них влаги и пыли. Это значит, что его корпус должен быть закрытым со всех сторон. Этому требованию может отвечать корпус, склеенный из листового органического стекла или 6—8-миллиметровой фанеры. Фанер-

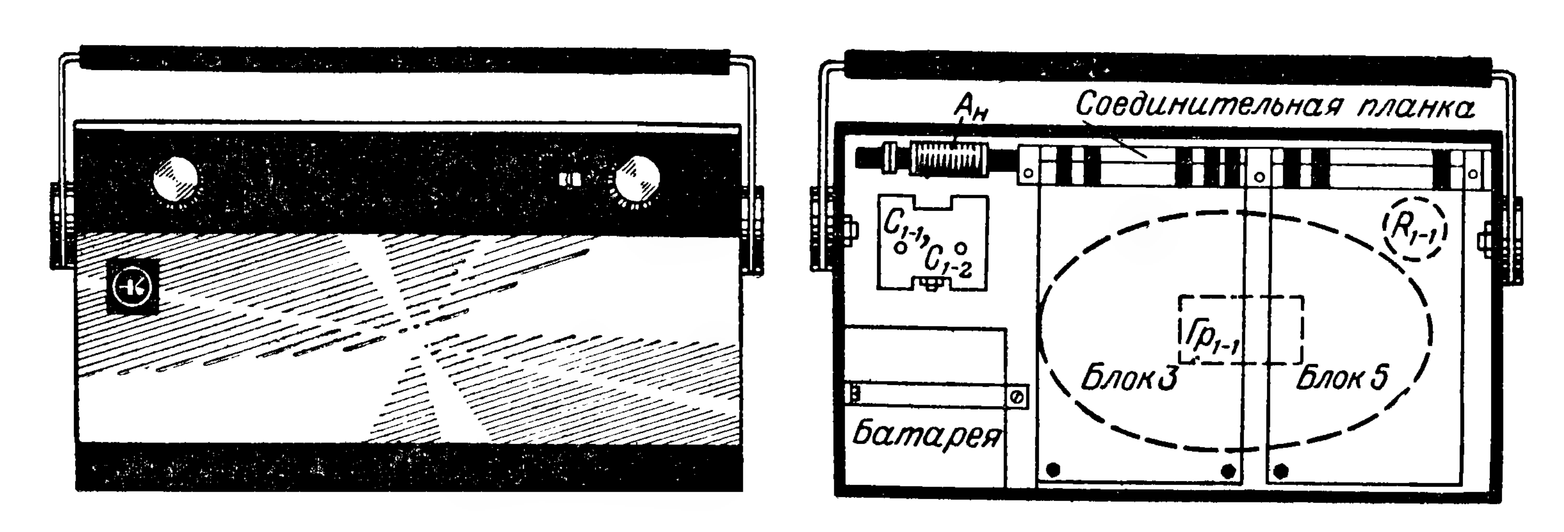


Рис. 46. Возможная конструкция походного приемника.

ный корпус надо покрасить снаружи и внутри нитроэмалью. Отверстие для громкоговорителя закрывать капроновой тканью и декоративной накладкой.

Желательно также, чтобы походный приемник был меньше настольного. Уменьшить его размеры можно, исключив поворотный механизм магнитной антенны, который для походного приемника не нужен, так как ориентация антенны на радиостанцию может осуществляться поворотом корпуса. Для удобства переноски к корпусу приемника следует приделать ручку.

Возможная конструкция походного приемника показана на рис. 46. По схеме это супергетеродин с экономичным усилителем низкой частоты (блок 5). Магнитная антенна и блок конденсаторов переменной емкости укреплены непосредственно на передней стенке корпуса. Роль шкалы настройки могут выполнять метки на ручке блока конденсаторов и лицевой стенке корпуса. Высокочастотный и низкочастотный блоки размещены вертикально, в связи с чем сборочная планка, рассчитанная только на эти блоки, находится в верхней части корпуса. Батарея питания, составленная из двух батарей 3336Л, прикреплена к стенке корпуса металлической скобой. Конденсатор $C_{8\text{-}1}$ можно смонтировать на сборочной планке, а диод $Д_{8\text{-}1}$ исключить. Выключатель питания совмещен с регулятором громкости $R_{1\text{-}1}$.

Это, разумеется, примерная конструкция, в которую можно вносить любые изменения. Платы высокочастотного и низкочастотного блоков, например, можно смонтировать в два этажа, соединив их между собой с помощью шпилек. Блок конденсаторов переменной

емкости с воздушным диэлектриком может быть заменен малогабаритным с твердым диэлектриком. А если походный вариант будет приемником прямого усиления, то для настройки контура магнитной антенны можно использовать керамический конденсатор типа КПК-2 или КПК-3 с минимальной емкостью 10—25 и максимальной — 100—150 пФ. Следует только учесть, что с таким конденсатором диапазон частот, перекрываемый приемником, несколько сузится. Габариты приемника могут быть еще меньше, если его питать от батареи «Крона» или аккумуляторной батареи 7Д-0,1.

Конструируя походный приемник, необходимо помнить, что для сохранения хороших приемных свойств магнитной антенны ее ферритовый стержень следует располагать возможно дальше от громкоговорителя.

Не надо забывать и о том, что феррит — очень хрупкий материал. Сердечник магнитной антенны может расколоться даже от удара по корпусу приемника, а в походных условиях это может случиться не раз. Поэтому закреплять его на монтажной плате или на стенке корпуса приемника надо с помощью амортизирующих резиновых ниток или колец.

Опыт монтажа и налаживания блоков настольного приемника поможет справиться и с конструированием походного радиоприемника.

ДЛЯ РАДИОКРУЖКА

Описанные в этой книге блоки приемника могут стать учебно-демонстрационными пособиями радиокружков, организаторами, а может быть, и руководителями которых вам, возможно, придется быть. Такие пособия принесут пользу и тем, кто будет их монтировать и налаживать, и тем, кто с их помощью будет знакомиться с устройством и работой функциональных узлов радиовещательных приемников. А если блоки собрать на печатных платах, то они могут стать образцами для повторения кружковцами, желающими смонтировать приемники для себя, для дома. Вот о том, как сделать блоки учебно-демонстрационными пособиями, как монтировать их на печатных платах, и пойдет разговор в этой, последней, части книги.

Для большей наглядности монтаж учебно-демонстрационных блоков должен быть односторонним, т. е. все детали и соединяющие их проводники должны располагаться с лицевой стороны платы и примерно в том же порядке, как на принципиальной схеме. Такие блоки позволят кружковцам не только рассмотреть детали, технологию монтажа, но и прочитать и запомнить их схемы.

Примером учебно-демонстрационного блока может служить конструкция усилителя низкой частоты (блок 5), показанная на рис. 47.

Основой блока служат две соединенные вместе гетинаксовые пластины. Верхняя пластина является монтажной платой. В отверстиях, просверленных в ней, развальцованы пустотелые заклепки, в которые впаяны выводы деталей, концы монтажных проводников. Снизу ее прикрывает вторая гетинаксовая пластина, надежно защищающая цепи блока от случайных замыканий.

Для соединения блоков между собой использованы детали штепсельного разъема. Штепсели, являющиеся концевыми контактами входных и выходных цепей и участков цепи питания, прочно укреплены на блоках. А гнезда, соединяемые попарно отрезками монтаж-

ного многожильного провода, образуют перемычки, объединяющие блоки в единое устройство.

Так же можно выполнить и другие блоки приемника. При монтаже необходимо учесть некоторые особенности учебно-демонстрационного приемника. Так, например, блок входных цепей такого приемника может состоять лишь из блока конденсаторов переменной емкости и магнитной антенны (без поворотного устройства), закрепленных на плате. Если в ранее описанных блоках контакты цепей питания, входных цепей, а в высокочастотных блоках еще и контакты выходных

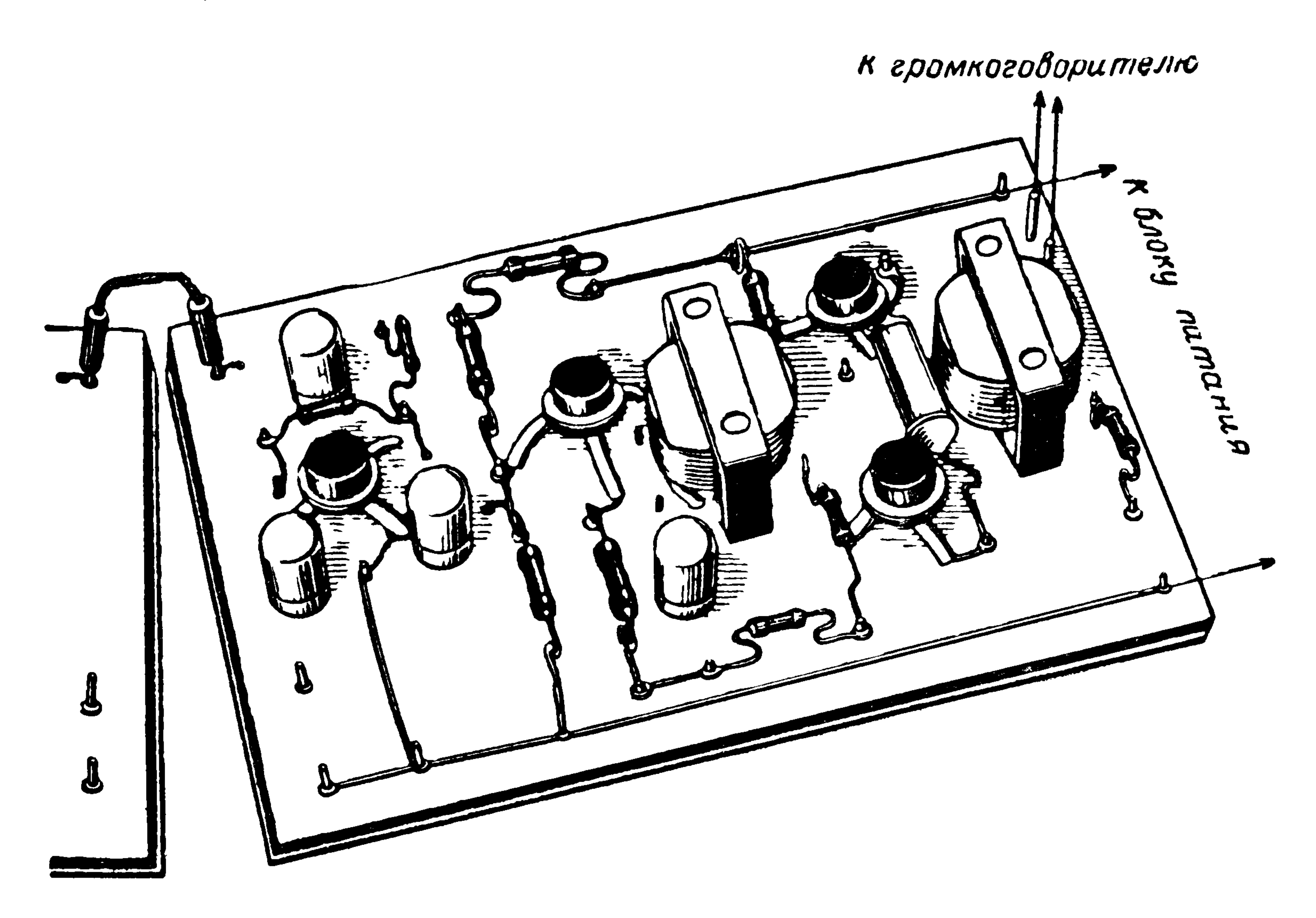


Рис. 47. Конструкция учебно-демонстрационного блока приемника.

цепей находились с одной стороны платы, то в учебных блоках их следует расположить по обе стороны плат.

Вполне понятно, что, прежде чем приступить к конструированию учебных блоков, надо подобрать все детали, уточнить габариты плат и составить монтажные схемы. Заготавливать монтажные платы лучше одновременно для всех блоков. Предварительно каждый блок следует собрать и полностью наладить на картонной макетной плате и только после этого перенести детали на заготовленную плату. Это не только облегчит налаживание блоков, но даст возможность лучше выполнить монтаж блоков.

Теперь о печатных платах.

Для их изготовления чаще всего используют фольгированный гетинакс или текстолит — листовые пластмассы с наклеенной на них с одной стороны медной фольгой толщиной около 0,05 мм. На плате, выпиленной из такого материала, оставляют дорожки и площадки из фольги, которые выполняют роль токонесущих проводников, а участки фольги между ними удаляют травлением в растворе хлорного железа.

125

80

2отв.
ф4

а)

б)

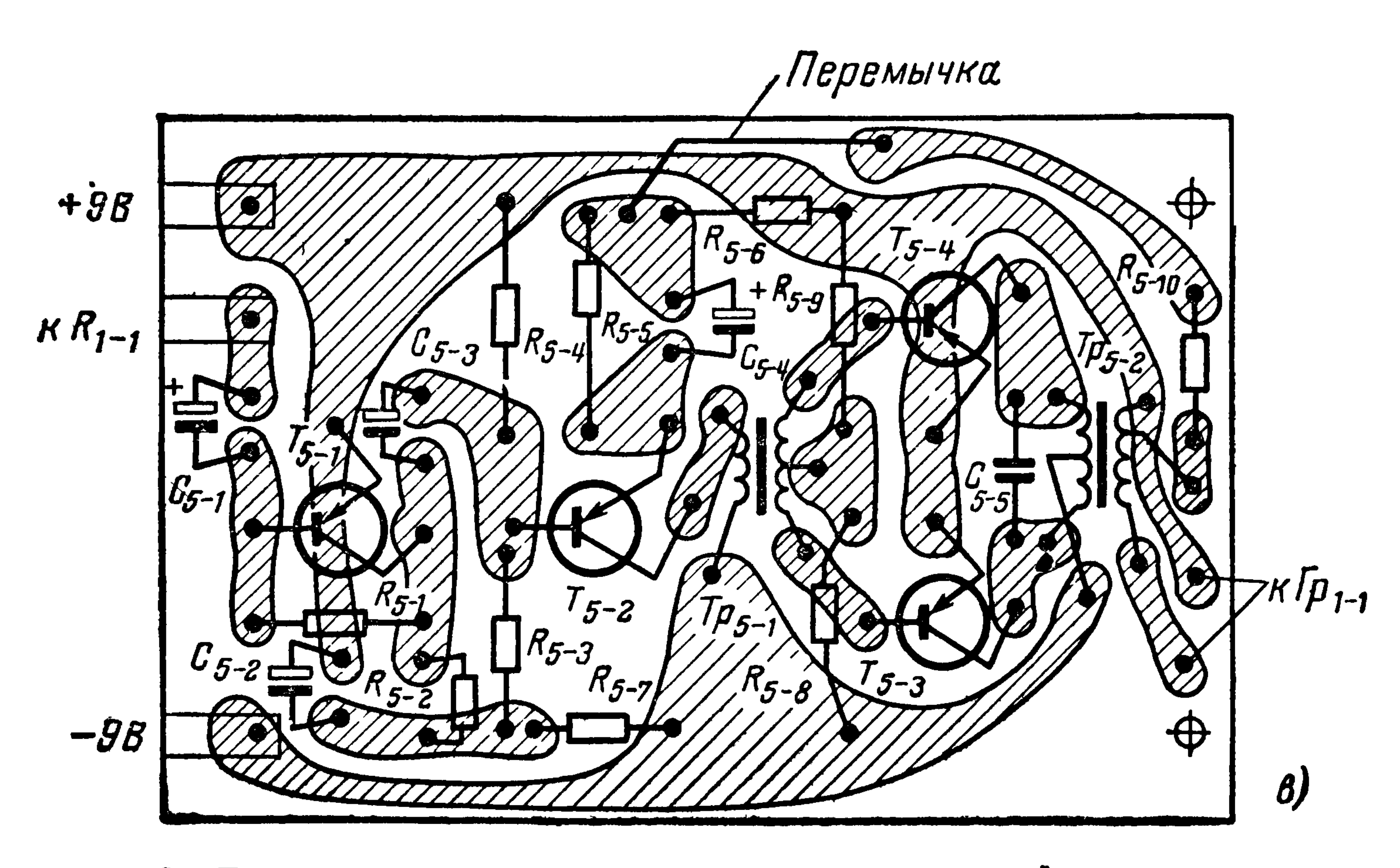


Рис. 48. Последовательность изготовления печатной платы.

В качестве примера на рис. 48, *в* показана схема соединений деталей блока 5 (рис. 35), смонтированного на печатной плате. На нем печатные проводники и площадки выделены штриховкой. Расположение деталей на плате сохранено то же, что и на обычной монтажной плате. Печатный проводник верхнего (по рис. 48, *в*) вывода резистора $R_{5\text{-}10}$ соединен с резисторами $R_{5\text{-}5}$, $R_{5\text{-}6}$ и конденсатором $C_{5\text{-}4}$ проволочной перемычкой.

Технология изготовления печатных плат такова. Сначала на миллиметровой бумаге вычерчивают в натуральную величину рисунок печатных проводников со схемой соединения деталей блока. При

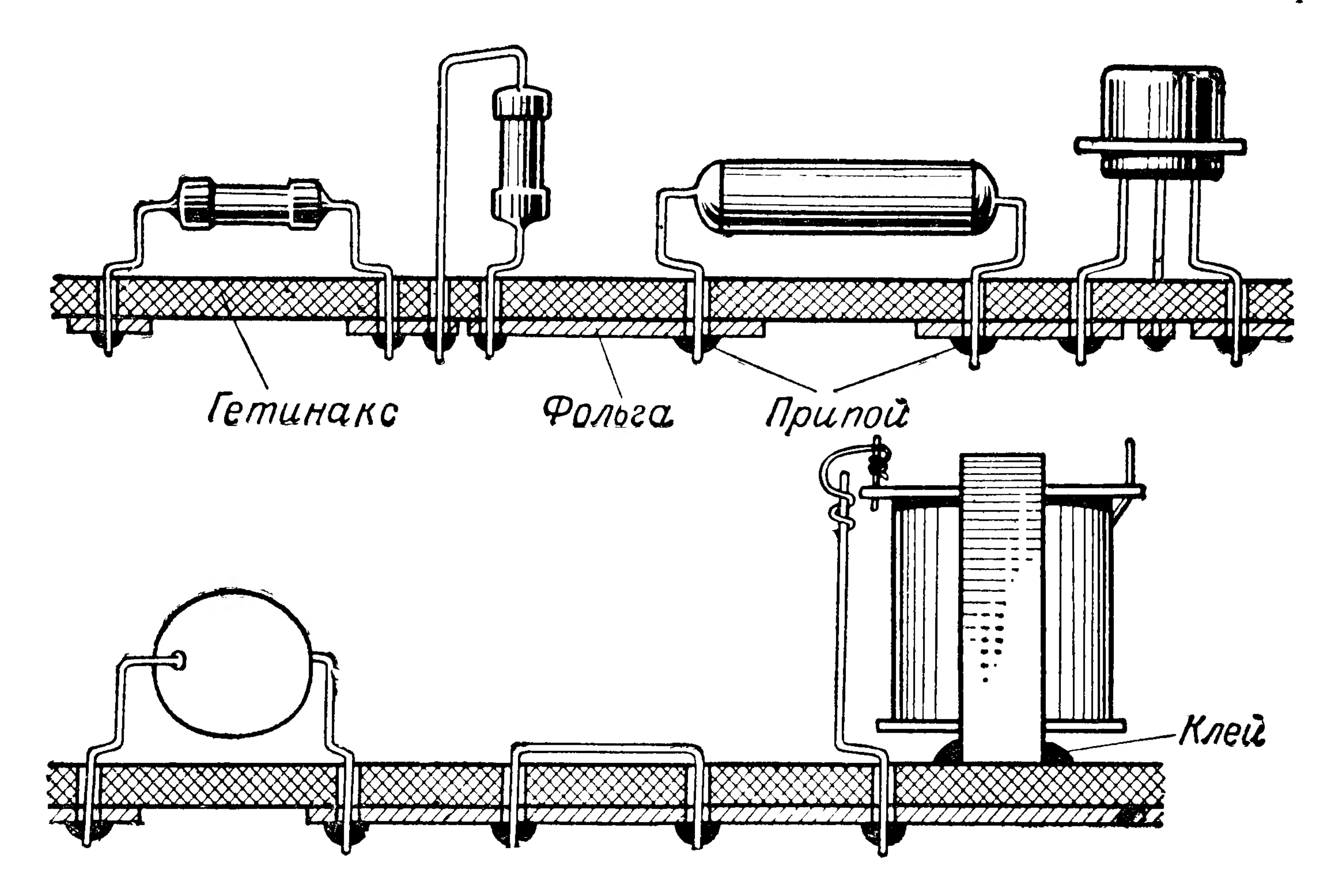


Рис. 49. Монтаж радиодеталей на печатной плате.

этом вносят возможные изменения соединений с учетом имеющихся деталей. Так, например, если вместо электролитических конденсаторов К50-6 используются конденсаторы ЭМ или чехословацкой фирмы «Тесла», то расстояния между отверстиями в печатных проводниках под их выводы увеличивают до 15—20 мм.

Затем из фольгированного гетинакса выпиливают пластинку нужных размеров и с помощью копировальной бумаги переводят на фольгу рисунок печатных проводников (рис. 48, *а*). В местах, где должны быть отверстия для выводов деталей, делают кернером углубления. Далее все участки фольги, которые должны остаться на плате, аккуратно закрашивают (рис. 48, *б*) нитролаком, цапонлаком или асфальтобитумным лаком. Можно использовать и клей БФ-2, но его следует слегка подкрасить, чтобы рисунок был хорошо виден на фольге. Неровные линии и подтеки устраняют кончиком острого ножа, скальпелем или лезвием безопасной бритвы.

После высыхания краски плату помещают для травления в раствор хлорного железа плотностью 1,3, налитый в плоскую пластмассовую или фарфоровую посуду, например в ванночку для фоторабот. Чтобы приготовить раствор такой плотности, в стакан емко-

стью 200 $см^3$ кладут 150 г хлорного железа и наполняют его водой до краев. Во время травления ванночку непрерывно покачивают. В растворе комнатной температуры травление фольги длится около 1 ч, а в подогретом до температуры 40—50° С — примерно 15 мин.

Готовую плату тщательно промывают попеременно холодной и горячей водой, сушат, а затем в местах, намеченных ранее кернером, просверливают отверстия. Перед монтажом плату шлифуют мелкой шкуркой, промывают растворителем или ацетоном, удаляя остатки защитной краски, и сразу покрывают канифольным лаком (15-процентный раствор канифоли в спирте), предохраняющим печатные проводники от окисления.

При монтаже выводы деталей, соединительные проводники пропускают через отверстия в плате и припаивают к печатным проводникам (рис. 49). Предварительно выводы формуют — изгибают в виде ступеньки, ограничивающей их продольное смещение. Без такой формовки проволочных выводов при нажатии на деталь тонкий проводник из фольги может отслоиться от пластмассы и разорваться.

Детали на плате можно устанавливать в любом удобном для монтажа положении. Выводы низкочастотных трансформаторов иногда целесообразно соединять с печатными проводниками не непосредственно, а через проволочные стойки. Это позволит при необходимости быстро изменить порядок подключения выводов трансформатора или заменить его другим.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 18 коп.